



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

ESTUDO INTRA E INTERESPECÍFICO DE PADRONIZAÇÃO DE TRAÇADOS
ELETROCARDIOGRÁFICOS DE ANIMAIS SEM DOENÇA CARDÍACA
DIAGNOSTICADA

SOFIA FILIPA MARQUES NUNES APARÍCIO

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutora Maria Constança Matias Ferreira
Pomba

Doutor José Paulo Pacheco Sales Luís

Doutora Maria de São José Sousa Deyrieux
Centeno

ORIENTADOR

Doutor José Paulo Pacheco Sales
Luís

2018

Lisboa



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

ESTUDO INTRA E INTERESPECÍFICO DE PADRONIZAÇÃO DE
TRAÇADOS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE ANIMAIS SEM
DOENÇA CARDÍACA DIAGNOSTICADA

SOFIA FILIPA MARQUES NUNES APARÍCIO

Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutora Maria Constança Matias
Ferreira Pomba

Doutor José Paulo Pacheco Sales
Luís

Doutora Maria de São José Sousa
Deyrieux Centeno

ORIENTADOR

Doutor José Paulo Pacheco
Sales Luís

2018

Lisboa

DECLARAÇÃO

Nome _____

Endereço eletrónico _____ Telefone _____ / _____

Número do Bilhete de Identidade _____

Título: Dissertação ☐ Tese ☐

Orientador(es)

Ano de conclusão _____

Designação do Mestrado ou do ramo de conhecimento do Doutoramento

Nos exemplares das teses de doutoramento ou dissertações de mestrado entregues para a prestação de provas na Universidade e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e pelo menos outro para a Biblioteca da FMV-ULISBOA deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Faculdade de Medicina Veterinária da ULisboa, _____ de _____ de 20__

Assinatura: _____

“Porquê amar os animais?”

“Porque eles dão tudo sem pedirem nada.

Porque frente ao poder do homem que conta com armas, eles são indefesos.

Porque não conhecem o dinheiro e conformam-se só com um teto onde se refugiar do frio.

Porque se fazem entender sem palavras, porque seu olhar é puro como a sua alma.

Porque não sabem nem de invejas nem de rancores, porque o perdão é natural para eles. Porque sabem amar com lealdade e fidelidade. Porque não compram amor, simplesmente o esperam e porque são nossos companheiros, eternos amigos...

Porque estão vivos.”

“Por isso e mil e uma coisas, eles merecem o nosso amor. Se aprendermos a amá-los como eles merecem, vamos estar mais próximos de Deus.”

~ Madre Teresa de Calcutá ~

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Sales Luís por me ter aceite como sua orientanda. Pelos ensinamentos, e o excelente estágio que me facultou. Sei que pude aprender com o melhor dos melhores.

Ao Doutor Emanuel Garcia - Eternamente grata! - Sem ele o trabalho não seria de todo possível. Também é seu! Obrigada pela disponibilidade e a boa vontade em ajudar.

Ao Professor Doutor Telmo Nunes, pela grande amabilidade e pelas conversas de incentivo. Por me ter conduzido à pessoa que melhor me conseguiria acompanhar.

À (pequena) grande equipa do Instituto Veterinário do Parque: À Doutora Ana Paula, pelos ensinamentos, os incentivos e a boa disposição! À Olinda pelo bom humor de todos os dias. E à Anabela pela ajuda que sempre deu.

Ao Professor Doutor João Barcelos por me ter deixado a referência do que é ser um excelente Professor. Da dedicação à Profissão e aos seus alunos.

A todos os Animais que me ensinaram um pouco desta nobre Profissão!

Aos Amigos que guardarei para sempre, e a quem peço desculpa se em algumas fases, não reguei tão regularmente essa flôr tão preciosa que é a Amizade - por me ter deixado absorver tanto pelas responsabilidades do curso. Em especial: Rui, Catarina, Vanessa, Ricardo e Inês.

À Cristina Lobato Faria pelo “financiamento” e por zelar pela minha sanidade em momento de crise. Ao Filipe. Obrigado por me salvares nas últimas horas e por me aturares nas últimas semanas.

À Sara. Por seres minha irmã – não há maior agradecimento. Ao Cajú, pela companhia nas horas de estudo. À minha mãe. Por acreditares em mim e me teres dado uma segunda oportunidade em seguir os meus sonhos. A ela agradeço tudo. Aos meus avós, Obrigada.

Ao Vasco. Porque tu estavas lá no início deste caminho. E devias estar no fim. Espero que estejas orgulhoso.

Ao meu Pai. Amo-te muito.

Resumo

Estudo intra e interespecífico de padronização de traçados eletrocardiográficos de animais sem doença cardíaca diagnosticada.

O estudo consistiu na caracterização e comparação dos traçados eletrocardiográficos de indivíduos saudáveis de quatro espécies distintas – canídeos, felídeos, equídeos e cavídeos, nas seis derivações periféricas do método de Einthoven. As três primeiras espécies foram avaliadas aquando dos procedimentos cirúrgicos a que se encontravam destinados no IVP, estando por isso sob influência do agente anestésico. Os equídeos foram avaliados em perfeito estado de consciência, sujeitos apenas a restrição física. Dos traçados foram avaliados os seguintes parâmetros eletrocardiográficos: duração e amplitude de P, QRS e T; duração dos intervalos PR, QT, PP, RR e o ciclo P-QRS-T e, a amplitude individual das deflexões integrantes do complexo QRS e ST; (2) qualitativos - morfologia de P, QRS e T. Foram ainda registadas variações espectáveis às morfologias dos complexos em indivíduos saudáveis. Foi determinada a FC média e calculado o EEM no plano frontal. Da análise dos traçados foram obtidos traçados padrão, representativos de cada espécie e foi avaliada a variabilidade intraespecífica em cada parâmetro. Dada a metodologia cumprida, as diferenças espécie-específicas puderam apenas ser confirmadas ao nível das amplitudes e morfologias dos parâmetros. Os valores médios obtidos das ondas P e T na derivação II, foram aproximados ao referido na literatura em todas as espécies. O mesmo se verificou para o complexo QRS ainda que, os equídeos tenham apresentado valores superiores de voltagem do complexo. Esta diferença foi atribuída à variação entre estudos, na metodologia praticada. Na sua grande maioria, as amplitudes registadas foram de encontro aos valores da literatura estabelecidos para a derivação II. Sendo assim, assumiu-se que os resultados encontrados para as restantes derivações periféricas podem ser validados com alguma confiança. Desta forma, e após a aplicação de um sistema de análise multidimensional, este estudo aproximou-se da hipótese de ser possível distinguir as espécies com base no conjunto de parâmetros apresentados nos traçados eletrocardiográficos.

Palavras-chave: Eletrocardiograma, derivações periféricas, Análise de Componentes Principais, variabilidade intraespecífica, variabilidade interespecífica

Abstract

Intra and interspecific study of standardisation of electrocardiographic tracings of animals without diagnosed heart disease.

The study consisted of the characterisation and comparison of the electrocardiographic tracings of healthy individuals of four distinct species - canids, felids, equids and caviids, in the six derivations peripheral of the Einthoven method. The first three species were evaluated during the surgical procedures to which they were destined in the IVP, being therefore under the influence of the anaesthetic agent. Equidae were assessed in a perfect state of consciousness, only subject to physical restraint. Of the tracings, we evaluated the following electrocardiographic parameters: duration and amplitude of P, QRS and T; duration of the PR, QT, PP, RR intervals and P-QRS-T cycle, and the individual amplitude of QRS and ST complex deflections; (2) qualitative - morphology of P, QRS and T. There were also notable changes in complex morphologies in healthy individuals. The mean HR was calculated and the Mean Electric Axis in the frontal plane was calculated. From the analysis of the tracings, standard traces were obtained, representative of each species and we evaluated the intraspecific variability in each parameter. Given the methodology fulfilled, the species-specific differences could only be confirmed at the level of the amplitudes and morphologies of the parameters. The mean values obtained for P and T waves in lead II were approximated to that reported in the literature in all species. The same was true for the QRS complex although equids presented higher values of the voltage of the complex. This difference was attributed to the variation between studies, in the methodology followed. Most of the amplitudes recorded confirmed the established literature values for lead II. Therefore, we assumed that the results found for the remaining peripheral leads present some confidence. In this way, and after the application of a multidimensional analysis system, this study approached the hypothesis that it is possible to distinguish the species based on the set of parameters presented in the electrocardiographic tracings.

Key words: Electrocardiogram, peripheral leads, Principal Component Analysis, intraspecific variability, interspecific variability.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Figuras	viii
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas	xi
1 Introdução	1
2 Relatório de Estágio	1
3 Revisão Bibliográfica	2
3.1 Propriedades funcionais do músculo cardíaco	2
3.2 Gênese da atividade elétrica durante o ciclo cardíaco	3
3.2.1 Teoria do Dipolo Elétrico	4
3.3 Condução elétrica e ação do miocárdio	5
3.4 Controlo cardíaco extrínseco	7
3.5 Classificação de mamíferos	8
3.6 Eletrocardiograma	9
3.6.1 Sistema de Derivações	11
3.6.1.1 Derivações periféricas	12
3.6.1.2 Derivações precordiais	15
3.6.1.1 Sistema de derivações ortogonais modificado	16
3.6.1.2 Outros sistemas de derivações e diferenças espécie-específicas	16
3.6.2 Regras base para a leitura do traçado eletrocardiográfico	17
3.6.3 Traçado eletrocardiográfico	19
3.6.3.1 Parâmetros eletrocardiográficos	21
3.6.3.1.1 Onda P	21
3.6.3.1.2 Segmento PR e Intervalo PR	23
3.6.3.1.3 Complexo QRS	24
3.6.3.1.4 Onda T	31
3.6.3.1.5 Intervalo QT	32
3.6.3.1.6 Segmento ST	33
3.6.3.1.7 Diferenças espécie específicas	34
3.6.3.2 Ritmos fisiológicos	34
3.6.3.2.1 Ritmo Sinusal Normal e Frequência cardíaca	34
3.6.3.2.2 Bradicardia Sinusal	36
3.6.3.2.3 Taquicardia Sinusal	36
3.6.3.2.4 Outras alterações fisiológicas ao ritmo sinusal normal	36
3.6.3.3 EEM - Eixo Elétrico Médio	37
3.6.4 Interferências ao traçado	41
4 Estudo intra e interespecífico de padronização de traçados eletrocardiográficos de animais sem doença cardíaca diagnosticada.	42
4.1 Objetivos e população de estudo	42
4.2 Critérios de inclusão e exclusão	42
4.3 Materiais e métodos	43
4.3.1 Medições eletrocardiográficas	44
4.3.2 Análise Estatística.....	46
4.4 Resultados	47
4.4.1 Frequência cardíaca	47
4.4.2 Duração de ondas.....	48
4.4.3 Amplitudes de ondas – Caracterização	53
4.4.3.1 Derivação II	54
4.4.3.2 Derivação I	61
4.4.3.3 Derivação III	67
4.4.3.4 Derivação aVR	73
4.4.3.5 Derivação aVL	79
4.4.3.1 Derivação aVF	84
4.4.4 Atipia morfológica	90
4.4.5 Eixo elétrico médio	90

4.5	Discussão dos Resultados	91
4.5.1	Frequência cardíaca	91
4.5.2	Duração dos parâmetros eletrocardiográficos	93
4.5.3	Amplitudes de Onda	96
4.5.3.1	Onda P	97
4.5.3.2	Complexo QRS	99
4.5.3.1	Onda T	101
4.5.4	Eixo elétrico médio	102
4.5.4.1	Derivações periféricas	103
4.1	Conclusão	105
5	BIBLIOGRAFIA	107

Índice de Figuras

Figura 1	Esquema representativo do dipolo elétrico celular	4
Figura 2	Vetor somatório de despolarização.....	5
Figura 3	Vias especializadas de condução elétrica cardíaca.....	6
Figura 4	Controlo da função cardíaca mediado pelo Sistema Nervoso Autónomo.....	7
Figura 5	Posicionamento do coração dentro do tórax.....	9
Figura 6	Escalas do papel milimétrico eletrocardiográfico.....	10
Figura 7	Marcas de calibração no papel de ECG e altura do traçado respetivo.....	11
Figura 8	Planos frontal e transversal.....	12
Figura 9	Localização dos elétrodos nas derivações periféricas bipolares.....	13
Figura 10	Localização dos elétrodos nas derivações periféricas unipolares.....	13
Figura 11	Diagrama de derivações hexaxial.....	14
Figura 12	Localização dos elétrodos nas derivações precordiais.....	15
Figura 13	Diagrama tridimensional representativo do vetor cardíaco num dado instante, através do sistema de derivações ortogonais modificado.....	16
Figura 14	Localização dos elétrodos no sistema base-apêx.....	17
Figura 15	Diagrama de relação entre o vetor médio, o sentido e o traçado resultante no ECG.....	18
Figura 16	Componentes temporais de um traçado eletrocardiográfico.....	20
Figura 17	Sentido do vetor na despolarização atrial e deflexão correspondente na derivação II.....	22
Figura 18	Nomenclatura das variações possíveis da morfologia do complexo QRS.....	25
Figura 19	Morfologia dos complexos QRS nas diferentes derivações periféricas quando o EEM se encontra dentro do intervalo de normalidade.....	26
Figura 20	Esquema de ativação ventricular em três fases e traçado resultante no plano Y (derivação aVF), nos animais da categoria A.....	27
Figura 21	Esquema de ativação ventricular em duas fases e traçado resultante no plano Y (derivação aVF), nos animais da categoria B.....	28
Figura 22	Arrastamento de QRS.....	29
Figura 23	Traçado resultante nas derivações X, Y e Z (I, aVF e V10) do sistema ortogonal nas duas categorias de mamíferos A e B.....	30
Figura 24	ECG de cão com entalhe, derivação III.....	30
Figura 25	Esquema representativo da frente de repolarização ventricular e deflexão resultante na derivação II.....	31
Figura 26	Determinação do eixo cardíaco pelo método de orientação espacial.....	38
Figura 27	EEM no plano frontal no cão – A, e no gato – B.....	39
Figura 28	Vetor cardíaco médio nas duas categorias de animais mamíferos A e B, segundo Richig e Sleeper (2014).....	40
Figura 29	Digrama de caixa para a FC, nas espécies em estudo.....	48

Figura 30 Análise de componentes principais para a duração dos parâmetros eletrocardiográficos.....	50
Figura 31 ACP da duração dos parâmetros eletrocardiográficos, colorido pela FC	51
Figura 32 ACP da duração dos parâmetros eletrocardiográficos, colorido pela duração da onda P (esq.), complexo QRS (meio), onda T (dir.).....	52
Figura 33 ACP da duração dos parâmetros eletrocardiográficos, colorido pela duração dos intervalos entre ondas PR (esq.), QT (meio) e segmento ST (dir.)	52
Figura 34 Correlação entre intervalos de onda e frequência cardíaca.....	53
Figura 35 Derivação II- Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.....	55
Figura 36 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação II	58
Figura 37 ACP das amplitudes na derivação II	60
Figura 38 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação II	60
Figura 39 Derivação I – Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.....	62
Figura 40 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação I.....	64
Figura 41 ACP das amplitudes na derivação I.....	66
Figura 42 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação I.....	66
Figura 43 Derivação III – Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.....	67
Figura 44 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação III.....	70
Figura 45 ACP das amplitudes na derivação III.....	72
Figura 46 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação III.....	72
Figura 47 Derivação aVR – Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.....	73
Figura 48 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação aVR.....	76
Figura 49 ACP das amplitudes na derivação aVR.....	78
Figura 50 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação aVR.....	78
Figura 51 Derivação aVL – Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.....	79
Figura 52 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação aVL.....	82
Figura 53 ACP das amplitudes na derivação aVL.....	83
Figura 54 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação aVL.....	84
Figura 55 Derivação aVF – Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.....	85
Figura 56 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação aVF	88
Figura 57 ACP das amplitudes na derivação aVF	89
Figura 58 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação aVF	90

Lista de Tabelas

Tabela 1 Quadrantes do sistema de derivações hexaxial.	14
Tabela 2 e Tabela 3 Duração dos parâmetros eletrocardiográficos.	49
Tabela 4 Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação II.	54
Tabela 5 Morfologia da onda P, na derivação II.	57
Tabela 6 Morfologia do complexo QRS, na derivação II.	57
Tabela 7 Morfologia da onda T, na derivação II.	57
Tabela 8 Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação I.	61
Tabela 9 Morfologia da onda P na derivação I.	63
Tabela 10 Morfologia do complexo QRS na derivação I.	63
Tabela 11 Morfologia da onda T na derivação I.	64
Tabela 12 Valores obtidos das amplitudes de ondas na derivação III.	67
Tabela 13 Morfologia da onda P, na derivação III.	69
Tabela 14 Morfologia do complexo QRS, na derivação III.	69
Tabela 15 Morfologia da onda T, na derivação III.	70
Tabela 16 Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação, em aVR.	73
Tabela 17 Morfologia da onda P, na derivação aVR.	75
Tabela 18 Morfologia do complexo QRS, na derivação aVR.	75
Tabela 19 Morfologia da onda T, na derivação aVR.	75
Tabela 20 Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação, em aVL.	79
Tabela 21 Morfologia da onda P na derivação aVL.	81
Tabela 22 Morfologia do complexo QRS na derivação aVL.	81
Tabela 23 Morfologia da onda T na derivação aVL.	81
Tabela 24 Amplitudes de onda na derivação aVF.	85
Tabela 25 Morfologia da onda P, na derivação aVF.	86
Tabela 26 Morfologia do complexo QRS, na derivação aVF.	87
Tabela 27 Morfologia da onda T, na derivação aVF.	87
Tabela 28 Intervalos EEM por espécie.	91

Lista de Abreviaturas

ACP: Análise de Componentes Principais
AV: Atrioventricular
bpm: batimentos por minuto
e-: elétrico negativo
e+: elétrico positivo
ECG: eletrocardiograma/eletrocardiografia
EEM: Eixo elétrico médio
EIC: Espaço intercostal
FC: Frequência cardíaca
FMV-UL: Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa IVP. Instituto Veterinário do Parque
JCC: junção costal
MAD: Membro anterior direito
MAE: Membro anterior esquerdo
MPD: Membro posterior direito
MPE: Membro posterior esquerdo
mm/s: milímetros por segundo
ms: milissegundos
mV: milivoltes
P: onda P
PR: intervalo PR/ segmento PR
PSL: Puro Sangue Lusitano
PV. peso vivo
QRS: complexo QRS
RSN: Ritmo sinusal normal
s: segundo
s SA:
Sinoatrial
SNA: Sistema nervoso autónomo
ST: intervalo ST/ segmento ST
T: onda T

1 Introdução

Serve o presente trabalho, o intuito de assinalar o marco da conclusão dos estudos em Medicina Veterinária, levados a cabo ao longo dos últimos seis anos e, para o qual, contribui em conjunto com desempenho demonstrado no estágio curricular, com 30 créditos ECTS na formação adquirida.

Diante da possibilidade do profissional de saúde veterinária ter acesso a variadas espécies na sua prática clínica, este estudo tem por objetivo condensar conhecimento que possa ser útil para a correta interpretação do traçado eletrocardiográfico em quatro espécies distintas. O trabalho foi desenvolvido a partir da base de dados gentilmente cedida pelo Instituto Veterinário do Parque, obtida a partir de doentes intervencionados em bloco operatório, durante o período de ocorrência do estágio final. Para o banco de dados contribuíram também os equídeos residentes nas instalações da FMV-UL. Todos os animais avaliados foram indivíduos considerados saudáveis do ponto de vista cardíaco.

2 Relatório de Estágio

O estágio final de curso teve a duração total de 6 meses, no período de Fevereiro a Julho de 2017. O local de eleição foi o Instituto Veterinário do Parque (IVP) sob a direção clínica do Professor Catedrático José Paulo Sales Luís, orientador do presente estudo. O IVP localiza-se em Lisboa, e deste faz parte uma equipa de mais três elementos, na qual se inclui a médica Veterinária Dra. Ana Paula Carvalho e as auxiliares administrativa Anabela Horta e Olinda Martins. O IVP é tido como centro de referência e excelência no âmbito da cardiologia, cirurgia ortopédica e tecidos moles e medicina interna, apresentando por isso, uma carteira de pacientes referenciados que preenche um número importante dos serviços médico-veterinários prestados à comunidade.

As atividades desempenhadas no decurso do estágio, incluem: participação na contenção de animais aquando da realização de exames de ecografia; leitura de exames ecográficos e radiográficos; realização de exames eletrocardiográficos no âmbito de consultas de cardiologia e para o banco de dados do trabalho; administração de fármacos diversos pelas vias subcutânea, intramuscular, tópica e banhos, fluidoterapia; colheitas de sangue; assépsia de feridas; preparação da sala de cirurgia; preparação do paciente, com entubação, tosquia e lavagem do campo cirúrgico; monitorização anestésica; assistente de cirurgião e circulante; recobro cirúrgico; altas; realização de suturas e pensos simples e de Robert-Jones; drenagem intratorácica, no caso de derrames pleurais; lavagens de bexiga e colocação de microchip.

Também no IVP, no período imediato após a conclusão do estágio, surgiu a oportunidade de fazer assistência a três cirurgias de tórax aberto: uma lobectomia pulmonar e duas resoluções da Persistência do Ducto Arterial.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Propriedades funcionais do músculo cardíaco

O coração é o órgão central no sistema circulatório dos vertebrados. É devido, principalmente à ação deste órgão, que o sangue flui a todo o organismo e suas células constituintes, de modo garantir a distribuição dos nutrientes, a remoção dos produtos metabólicos e as trocas de calor (Hemsley, 2017). Este órgão que ocupa uma posição central no corpo, no interior da cavidade torácica, funciona como uma bomba fisiológica (Martin, 2015). Tem a capacidade de gerar impulsos elétricos de forma espontânea (*cronotropismo*) e de responder a estímulos externos (*batmotropismo*). Mediante a condução especializada destes impulsos a todo o músculo cardíaco (*dromotropismo*) e por sua conversão em energia cinética, garante a propulsão mecânica de sangue aos grandes vasos. Todos estes fenômenos eletroquímicos sincronizados viabilizam o funcionamento deste músculo tão especializado, desencadeando os movimentos regulares e ritmados de contração (*inotropismo*) e relaxamento (*lusitropismo*) que caracterizam o ciclo cardíaco (Ettinger & Edward C. Feldman, 2013).

O coração pode então ser visto como um gerador, produtor de energia elétrica, resultante das alterações químicas que ocorrem nas suas células especializadas (Holmes & Alps, 1967). O eletrocardiograma é o exame que permite o registo gráfico – eletrocardiografia – da atividade elétrica do coração, medido em tempo e voltagem (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018; Richig & Sleeper, 2014). Este registo é obtido através de um aparelho medidor da intensidade da corrente elétrica, denominado de eletrocardiógrafo. O aparelho é um voltímetro, capaz de registrar as correntes elétricas cardíacas, que traduzem por sua vez, os diferentes estágios de ativação e recuperação miocárdica (Oyama, Kraus, & Gelzer, 2014). Através de elétrodos especificamente colocados em determinadas zonas à superfície do corpo, o registo pode ser feito em múltiplas orientações, o que permite acrescentar valor diagnóstico a este tipo de exame (Martin, 2015). É uma ferramenta de diagnóstico dinâmica, não invasiva, e de baixo custo, útil para a avaliação da função rítmica do coração e como método auxiliar na estimativa da morfologia cardíaca, frequentemente utilizada na prática clínica dos animais de companhia. Na clínica de equinos, a sua utilidade é sobretudo mais expressiva na avaliação da frequência e ritmo cardíaco (Matic, 1990; Vandsø Petersen, 2015). Em animais de tamanho muito reduzido, como é o caso dos roedores, o ECG pode ser de muito difícil interpretação

devido à rápida frequência cardíaca (FC) e à baixa amplitude do sinal; ainda assim é considerada uma ferramenta útil na avaliação da função rítmica cardíaca (Lester, Patrick A.; Moore, Rashida M.; Shuster, Katherine A.; Myers, 2012).

Este estudo permite a definição de um padrão de normalidade do traçado eletrocardiográfico de quatro espécies distintas. Apesar de constituir primeiramente uma ferramenta de estudo teórico, poderá também contribuir num contexto clínico, para um modelo de reconhecimento mais específico de sinais de anormalidade em indivíduos com suspeita de alteração da função cardíaca.

3.2 Génese da atividade elétrica durante o ciclo cardíaco

As células miocárdicas apresentam uma diferença entre a polaridade elétrica interna e externa membranar, relacionada com a distribuição iónica seletiva, mediada por canais transportadores presentes na membrana celular. O meio intracelular apresenta uma carga global negativa e o meio extracelular apresenta uma carga positiva, estabelecendo-se portanto um gradiente de cargas entre os dois meios (P. Fox, Sisson, & Moïse, 1999). Esta estabilidade elétrica é alterada com o grau de atividade celular. Em repouso, esta diferença de potencial permite dizer que célula está *polarizada* (O. L. Nelson, 2003). A ativação celular é um processo dinâmico que ocorre por alteração no fluxo relativo destes iões, tornando-se a membrana interna mais positiva e a externa negativa — a célula torna-se, então, *despolarizada*. A propagação do estímulo elétrico, corresponde ao processo contínuo de alternância do estado de despolarização e *repolarização* (retorno à polaridade de repouso) celular (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013). Esta condução do sinal é possível graças à existência de discos intercalares colocados topo-a-topo entre as células, nos quais existem canais abertos — *junções gap*, que impedem que as células estejam eletricamente isoladas — permitindo a manutenção de um fluxo de iões célula-a-célula. Quando o potencial de ação atinge as fibras musculares cardíacas, ocorre a sua contração síncrona de todas estas entidades celulares. Assim, e devido ao facto do tecido muscular cardíaco se comportar como “uma única célula”, é também referido como *sincício funcional cardíaco*. A ação mecânica do coração está, pois, dependente da sua atividade elétrica e é desencadeada e organizada por um sinal elétrico — o *potencial de ação* (Gilmour, 2005).

O ciclo cardíaco é composto por movimentos de *sístole* (contração) onde ocorre a ejeção do sangue para os grandes vasos, e *diástole* (relaxamento) que permite a entrada de sangue nas câmaras cardíacas. A contração dos átrios e ventrículos não é simultânea. Num batimento cardíaco ocorre primeiro a contração quase simultânea dos dois átrios, espaçada

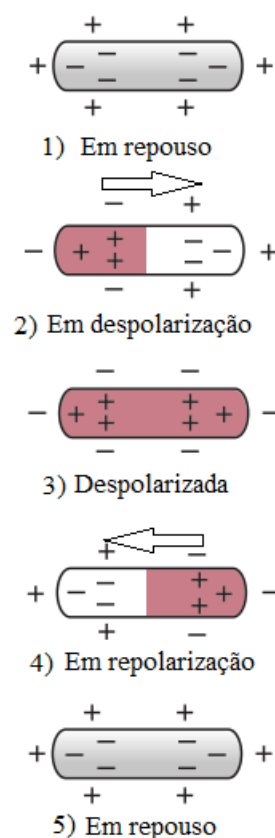
temporalmente da contração ventricular (W. A. Ware, 2014). Este é um processo síncrono e continuado no tempo (Cote, 2010). A contração e o relaxamento síncronos das células cardíacas atriais e das células cardíacas ventriculares deve-se à existência de um sistema de células cardíacas de condução especializadas, que permite com que os ciclos cardíacos respondam a um padrão de eventos específicos e, principalmente, devido à existência de um anel de tecido fibroso em torno das válvulas AV, que atua como um isolante elétrico entre estes dois tipos de câmaras (Reece, 2009). A presença deste tecido é uma das razões a justificar a uni direção do impulso elétrico do tecido atrial para o ventricular e a coordenação autónoma dos seus movimentos de contração e relaxamento (Larry P. Tilley, 1992). Divide-se por isso o sincício cardíaco em *sincício atrial* e *sincício ventricular* (Reece, 2009).

3.2.1 Teoria do Dipolo Elétrico

Uma célula em repouso não apresenta diferença de potencial à superfície celular. Quando ocorre a ativação celular, este diferencial estabelece-se dada a criação de cargas opostas na sua superfície (Figura 1). É gerado então um dipolo elétrico. Um dipolo, por definição, é constituído pela presença de cargas elétricas de polaridade oposta (+ e -) num meio isolante (Cingolani, Horacio; Houssay, 2003). Entre estes polos é estabelecido um campo elétrico, que pode ser representado por um vetor dipolo (\rightarrow) que aponta sempre da carga negativa (-), para a carga positiva (+).

O estímulo inicial da ativação celular (ou despolarização) inicia-se num ponto (da esquerda para direita na a partir do qual vai ocorrer, no sentido oposto, a despolarização celular com a inversão da polaridade membranar (Figura 1 -2) . Enquanto houver dipolo nas cargas opostas à superfície, haverá a formação de um vetor. Nesta fase, o vetor dipolo apresenta o sentido da despolarização. Numa célula despolarizada não existem diferenças entre as cargas que envolvem a superfície da membrana (Figura 1 -3). De forma a poder ser novamente excitada, a célula tem de retornar ao seu potencial de repouso. A repolarização inicia-se no ponto do estímulo despolarizante e dá-se no mesmo sentido da despolarização, começando então pelos canais iónicos que tiveram mais tempo para recuperar. O vetor dipolo de recuperação ocorre no sentido contrário ao da repolarização celular. O sentido deste vetor dipolo, indica

Figura 1 Esquema representativo do dipolo elétrico celular. Adaptado (Cingolani, Horacio; Houssay, 2003)

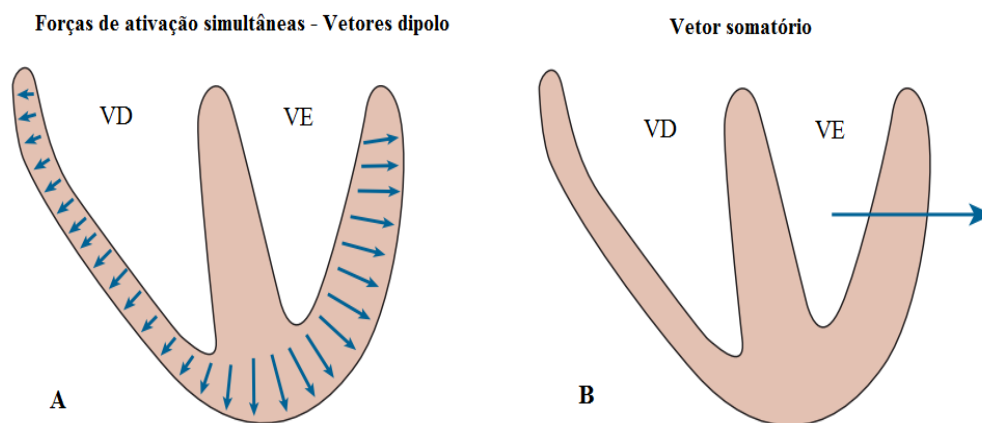


direta e inversamente o sentido das ondas de despolarização ou repolarização respectivas, devido aos elétrodo que detetam a polaridade global da superfície membranar externa.

No seu global, o coração é visto como um gerador dipolar único, uma vez considerado o um somatório das entidades celulares com zonas de superfície de carga aproximada, constituídos pelo conjunto de inúmeros dipolos discretos. O registo gráfico do vetor dipolo somatório vai depender da direção em que se desloca em relação aos elétrodo de superfície (Figura 2). A energia detetada é primariamente, proporcional à quantidade de células ativadas (Cote, 2010; Holt, John; Barnard, Anthony; Lynn, M. Stuart; Svendsen, 1969).

O eletrocardiograma regista pois, o sentido do vetor somatório em cada derivação por meio de um traçado contínuo, cujas ondas traduzem a relação dipolo e elétrodo (Larry Patrick Tilley & Burtinick, 2009).

Figura 2 Vetor somatório de despolarização. Exemplo da formação de um vetor despolarização ventricular (B), resultante do somatório de das forças de despolarização de ambos os ventrículos (A). Adaptado de (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018)



3.3 Condução elétrica e ação do miocárdio

O Nodo Sinoatrial (SA) está localizado no átrio direito, junto ao óstio da veia cava superior. Este local caracteriza-se por um conjunto de células de natureza especializada, uma vez que apresentam capacidade de auto-despolarização, dando origem à formação de um estímulo elétrico. Isto ao contrário do que sucede com a maioria das células cardíacas, que mantêm um potencial de membrana estável (Aspinall & Cappello, 2015; Kibble & Halsey, 2014). São por isso conhecidas como células *pacemarkers* (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013; Reece, 2009). Outros locais capazes de originar um estímulo elétrico espontâneo são o nodo atrioventricular (AV) e o sistema especializado de fibras de condução ventricular His -

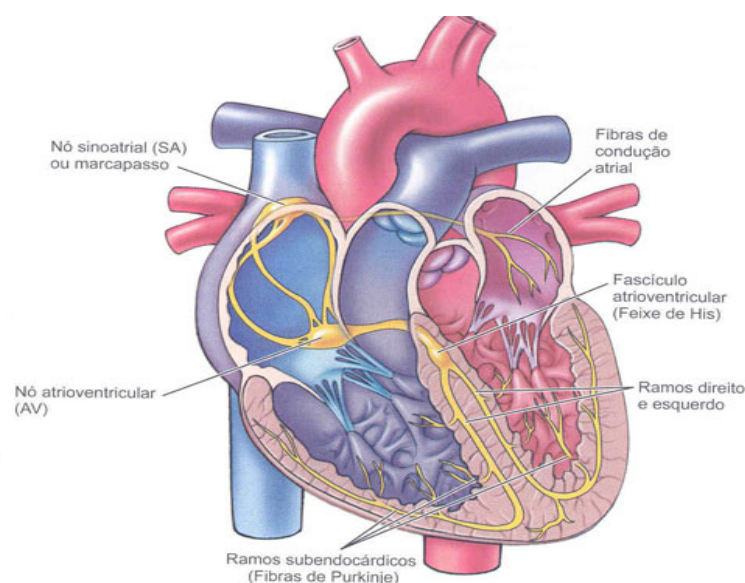
Purkinje. No entanto devido à sua maior taxa de formação dos potenciais de ação face aos outros locais, é no nodo SA que é gerado o impulso elétrico que define a frequência das contrações ritmadas do coração (Kibble & Halsey, 2014; Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010).

Após isto ocorre a despolarização circundantes do átrio direito e início da despolarização atrial esquerda, através da progressão do potencial de ação ao longo do feixe de Buchmann (Van Campenhout et al., 2013). A alteração

da polaridade global das células atriais, que ocorre aquando da sua despolarização, traduz-se mecanicamente, pela contração dos átrios, permitindo assim que o sangue entre através das válvulas atrioventriculares em ambos ventrículos esquerdo e direito – *sístole atrial* (Aspinall & Cappello, 2015; Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018). O impulso segue em direção ao ápex cardíaco, passando depois pelo nodo Átrio Ventricular (AV) situado no endocárdio do átrio direito, na porção baixa da parede septal atrial, passando

depois para o *Feixe de His*, conjunto de fibras presente na parte inicial do septo ventricular. Ao conjunto do nodo AV e feixe de His, denomina-se também *Junção AV* (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018). Estes segmentos contíguos constituem a única comunicação elétrica entre átrios e ventrículos, sendo isolados por uma anel fibroso e não responsivo, que permite o suporte das válvulas e grandes vasos (Aspinall & Cappello, 2015). Nesta altura, a velocidade do impulso é grandemente afetada pelo tónus vagal. O impulso elétrico sofre um atraso do tempo de propagação demorando 0.13 segundos, a percorrer a junção AV devido à redução a 10% da velocidade das fibras musculares cardíacas (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Tal fenómeno permite, um período de desfaseamento entre a contração atrial e ventricular e por isso, o devido esvaziamento dos átrios, e enchimento dos ventrículos, antes da contração ventricular. Ocorre depois, um aumento da velocidade de propagação do potencial de ação logo que, o estímulo emerge do Feixe de His para o restante sistema de condução celular (Reece, 2009). Este feixe divide-se depois no *feixe esquerdo* e *direito*, que correm na superfície sub-endocárdica esquerda e direito do septo interventricular. Do feixe direito, emergem depois os *fascículos anterior* e *posterior* na parede ventricular livre direita. A última porção destas fibras conecta-se com

Figura 3 Vias especializadas de condução elétrica cardíaca. Adaptado de Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018

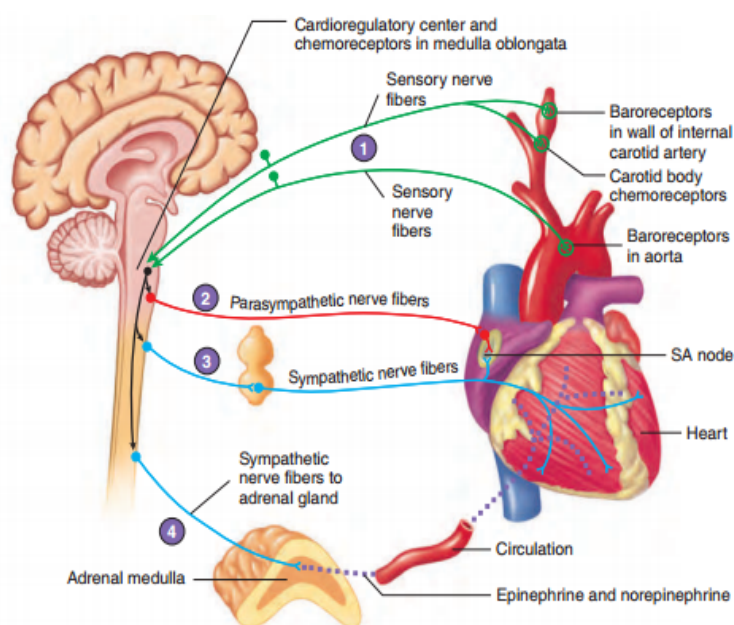


uma rede de fibras musculares especializadas, denominada por *fibras de Purkinje*, que ramificam nas paredes livres dos dois ventrículos (Aspinall & Cappello, 2015; P. Fox et al., 1999). Nestas fibras o impulso é transmitido a uma velocidade duas a três vezes superior à velocidade do estímulo nos átrios, uma vez que a parede livre ventricular é mais espessa que a atrial (Reece, 2009). Assim que o potencial de ação alcança uma fibra muscular normal, ocorre a contração dessa fibra. A rápida condução do impulso elétrico no sistema His - Purkinje assegura uma contração síncrona e célere das fibras musculares de ambos os ventrículos – *sístole ventricular*. Isto resulta numa despolarização descendente do septo. Ocorre por fim, o relaxamento do ventricular – *diástole ventricular*, com preenchimento das respetivas câmaras cardíacas, até novo estímulo ser gerado no nodo SA (Stephenson, 2013).

3.4 Controlo cardíaco extrínseco

O sistema cardiovascular encontra-se sobre controlo do sistema nervoso (Figura 4). O coração é innervado por um abundante número de fibras nervosas adrenérgicas e colinérgicas, do sistema nervoso autónomo (SNA). Estes neurónios motores têm capacidade de alterar a frequência dos batimentos cardíacos, pela capacidade em alterar a rapidez com que as células despolarizam ao limiar de disparo do potencial de ação (Kibble & Halsey, 2014). O SNA subdivide-se, pois, nas suas componentes *simpática*, cujos neurónios innervam o miocárdio atrial, o nodo SA e AV, o feixe de His, o miocárdio ventricular e os vasos coronários, através da libertação dos neurotransmissores adrenalina e noradrenalina; e *parassimpática* que através do nervo vago, inerva principalmente o nodo SA, mas também o nodo AV e o miocárdio atrial, devido à libertação de acetilcolina nas suas terminações nervosas. Sob ação simpática ocorre essencialmente um aumento da força de contração do miocárdio (Larry P. Tilley, 1992) devido à atuação principal dos dois neurotransmissores nas proteínas contráteis das células musculares cardíacas (Triguinho, 2011). Ocorre também um aumento da FC, quer devido a um aumento do automatismo das células marca-passo, quer por aumento da velocidade de condução no nóculo AV. Sob ação do parassimpático, dá-se a

Figura 4 Controlo da função cardíaca mediado pelo sistema Nervoso Autónomo (Gilmour, 2005).



diminuição da geração do impulso elétrico ao nível do nódulo SA e a diminuição da condução do estímulo elétrico no nodo AV (Larry P. Tilley, 1992). Este efeito conhecido como tónus vagal, é particularmente forte nos equinos (Triguinho, 2011).

É a existência destes mecanismos de regulação autónoma, mediada pelas interações recíprocas entre as atividades simpáticas e parassimpáticas, que permite uma resposta adequada do sistema cardiovascular a perturbações do ambiente interno e externo. Estas interações ocorrem através dos centros cardioinibitórios e cardioaceleradores na medula oblonga através da influência de outras partes do SNC, das quais se inclui o hipotálamo e o sistema límbico e que faz com o coração se adapte de forma automática e involuntária à exigência da demanda energética (Ferasin, Ferasin, & Little, 2010).

Também de forma externa, de referir o controlo hormonal da atividade cardíaca, através da ação de substâncias como adrenalina, tiroxina ou angiotensina que promovem o aumento da FC (P. Fox et al., 1999; Hemsley, 2017).

3.5 Classificação de mamíferos

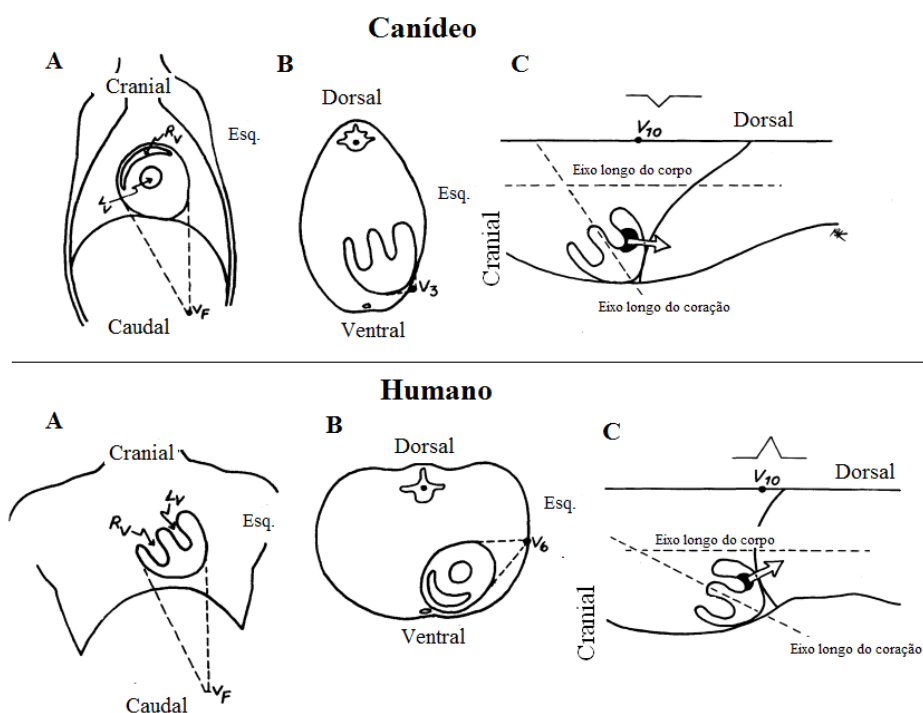
A forma como o estímulo elétrico se propaga pelas fibras de condução especializadas desde o nodo SA ao limite das fibras de Purkinje, é uniforme entre todas as espécies, no entanto o padrão de ativação pode diferir entre espécies (Gilmour, 2005). Os mamíferos podem ser divididos em dois grandes grupos distintos, pelas diferenças existentes na condução do estímulo elétrico no miocárdio ventricular (Richig & Sleeper, 2014). Estas diferenças terão base anatómica e serão úteis para o entendimento das principais diferenças espécie-específicas no traçado eletrocardiográfico:

Categoria A – da qual fazem parte, entre outros, animais como o humano e os pequenos animais (cão, gato entre outros) (Hamlin & Smith, 1965). As fibras de Purkinje estão localizadas subendocardialmente (logo abaixo do endocárdio das paredes ventriculares), permitindo a formação de uma frente de onda ventricular unidirecional (Richig & Sleeper, 2014).

Categoria B – da qual faz parte o cavalo, e outros grandes animais (Hamlin & Smith, 1965; Richig & Sleeper, 2014). As fibras de Purkinje estão dispersas profundamente no miocárdio das paredes ventriculares, em contato com um maior número de miócitos. Isto resulta na ativação do miocárdio forma mais eficiente, mas com a formação de ondas de despolarização que vão ocorrer em vários sentidos (Matic, 1990).

Apesar de pertencerem à mesma categoria, nos humanos o eixo apicobasilar do coração está orientado numa posição mais paralela à da coluna vertebral em humanos comparativamente aos restantes animais (Figura 5). Por sua vez, esta relação horizontal estabelecida entre os dois eixos é mais evidente nos felídeos do que em qualquer outra espécie (Hamlin & Smith, 1965). Diferenças como estas, traduzem-se em diferenças na distância entre o coração e os elétrodo (van Oosterom, Hoekema, & Uijen, 2000). Nos felídeos, a posição relativa do coração na cavidade torácica sofre alterações, com a idade, adquirindo uma posição mais paraesternal por rotação crânio-caudal do eixo cardíaco (Côté, MacDonald, Meurs, & Sleeper, 2011). Nos equinos, para além do tamanho, pouco há a diferenciar face ao descrito para os carnívoros domésticos. Nestes animais, o peso do coração varia com a raça e o tipo de trabalho, apresentando assim 0,6% PV em cavalos de tração e 1% PV nos Puro Sangue (Reece, 2009).

Figura 5 Posicionamento do coração dentro do tórax – Diferenças entre bípedes e quadrúpedes. A) Plano frontal, B) Plano transverso e C) Plano sagital médio. Adaptado de Hamlin & Smith, 1965.



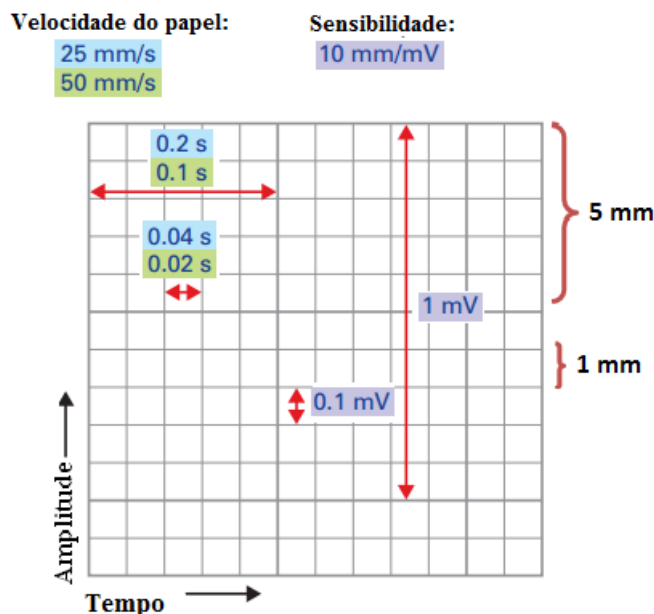
3.6 Eletrocardiograma

Os aparelhos de ECG registam as alterações elétricas decorrentes da alternância dos processos de despolarização e repolarização, no miocárdio auricular e ventricular, ao longo do ciclo cardíaco. Nos aparelhos mais antigos o registo gráfico é feito continuamente, uma derivação de cada vez. Naqueles mais recentes com suporte digital, existem seis canais, onde as derivações são registadas em simultaneidade (Oyama et al., 2014)

O papel utilizado para o registo dos traçados eletrocardiográficos (Figura 6) é composto por uma grelha, que se encontra dividida em múltiplos quadrados, com a unidade mais pequena apresentando 1 mm de aresta. Cinco quadrados pequenos predefinem um quadrado maior com 5 mm de aresta, delimitado com linha mais grossa (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013). Cada traçado eletrocardiográfico pode ser descrito de duas formas, sendo a sua leitura feita na horizontal e na vertical, com escalas que vão depender diretamente da velocidade de leitura do papel (velocidade a que o papel sai do aparelho de ECG) e da sensibilidade (amplitude das ondas medido em voltagem elétrica) estabelecidas no aparelho, previamente à execução do exame (Oyama et al., 2014).

No eixo horizontal (xx) é apresentada a escala do tempo na unidade de medida segundos (s), permite medir a duração e frequência dos vários componentes do registo gráfico (ondas, intervalos e segmentos). Normalmente a velocidade de papel utilizada é de 25 milímetros por segundo (mm/s) ou 50 mm/s. Como ilustrado na Figura 6 , à velocidade de 25mm/s, um quadrado de 1 mm equivale a 0,04 s e um quadrado de 5 mm regista 0,2 s do tempo cardíaco. Da mesma forma, um quadrado de 1 mm representa 0.02 s e um quadrado de 5 mm representa 0,1 s, quando o papel corre a 50 mm/s (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013).

Figura 6 Escalas do papel milimétrico eletrocardiográfico (Oyama et al., 2014)



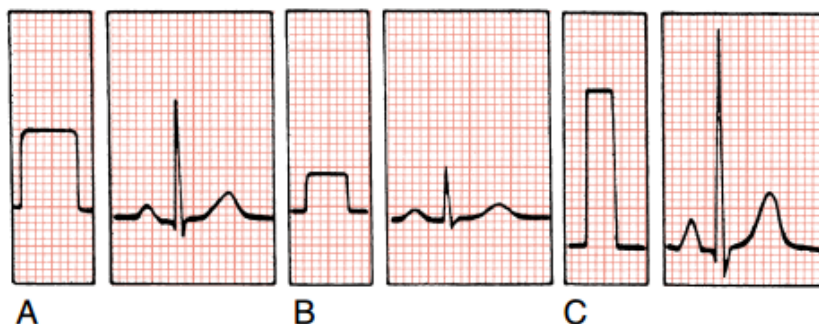
No eixo vertical (yy) é apresentada a amplitude na unidade de medida milivolt (mV), querendo isto dizer que 1 mV de sinal elétrico, irá produzir uma deflexão com 10 mm de altura, no caso da calibração *standart* (N) de 10 milímetros por milivolt (mm/mV). Para esta calibração, 1 mm equivale a 0,1 mV no eixo das ordenadas. Outras calibrações usadas, correspondem à metade (N/2) ou o dobro (2N) deste valor, em que respetivamente 1 mV = 5 mm e 1 mV = 20 mm, e servem para permitir uma leitura mais correta de

complexos que, na calibração N seriam respetivamente muito grande ou muito pequenos (Richig & Sleeper, 2014; W. A. Ware, 2014).

O ajuste da sensibilidade é importante uma vez que, o aumento da amplitude permite o reconhecimento de ondas e a identificação de entalhes, que podem não ser visualizados nos traçados com menor sensibilidade. No entanto este aumento de definição é também ele,

acompanhado por um maior número de artefactos que devem ser reconhecidos pelo operador (Freitas, Ferreira, Lages, Soares, & Carvalho, 2009). Para assegurar a correta leitura dos traçados, o aparelho produz uma marca antes de cada traçado, que indica a calibração definida, tal como mostra a Figura 7.

Figura 7 Marcas de calibração no papel de ECG e altura do traçado respectivo. A- Marca calibração standart (10 mm/mV); B- Marca da metade da calibração standart (5 mm/mV); C- Marca do dobro da calibração standart (20 mm/mV). Adaptado de (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013).



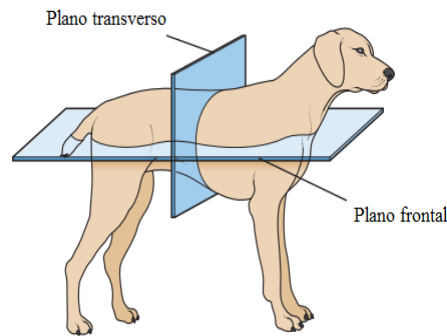
3.6.1 Sistema de Derivações

Um sistema de derivações, é composto por um conjunto de imagens que traduzem a condução elétrica do coração a partir de diferentes ângulos, aos quais se chamam de derivações (Larry Patrick Tilley & Burtinick, 2009). Cada derivação traduz as diferenças na voltagem (potencial elétrico) entre um elétrodo positivo e um elétrodo negativo, colocados à superfície do corpo. Além de providenciar uma leitura objetiva da atividade elétrica cardíaca, o sistema de derivações permite também, identificar com um grau de certeza aproximado, a orientação do eixo de despolarização cardíaco, bem como a possibilidade de detetar determinados eventos elétricos que não são aparentes em todas as derivações dado que avalia a tridimensionalidade do fenómeno de condução elétrica (Hemsley, 2017; Richig & Sleeper, 2014).

Existem 12 derivações *standard*, capazes de permitir o registo, em diferentes orientações, da magnitude e sentido das ondas de despolarização elétrica cardíaca. Estas derivações podem ser subdivididas em dois grupos. Seis *derivações periféricas*, exibem a despolarização cardíaca no plano frontal, e são obtidas pela colocação dos elétrodos nos membros. 6 *derivações precordiais* exibem a despolarização cardíaca ao nível do plano transversal e são obtidas pela colocação dos elétrodos nos espaços intercostais da parede torácica (Figura 8).

Cada derivação apresenta um padrão, com uma polaridade e uma direção esperada - na ausência de alterações cardíacas (W. A. Ware, 2014).

Figura 8 Planos frontal e transverso.
Adaptado de (Oyama et al., 2014).



3.6.1.1 Derivações periféricas

As derivações periféricas consistem nas derivações *standard* bipolares e nas derivações aumentadas unipolares, ambos utilizados na prática clínica veterinária (W. A. Ware, 2014).

Nas derivações periféricas, os elétrodos dos membros anteriores são colocados logo acima do olecrânio, com a pinça amarela no membro anterior esquerdo (MAE) e a pinça vermelha no membro anterior direito (MAD). Nos membros posteriores, os elétrodos são colocados logo acima do joelho, com a pinça verde no membro posterior esquerdo (MPE) e a pinça preta no membro posterior direito (MPD). Este posicionamento dos elétrodos é similar ao realizado nos equídeos, no mesmo sistema de derivações (Hemsley, 2017; Van Loon, G.; Patteson, 2010).

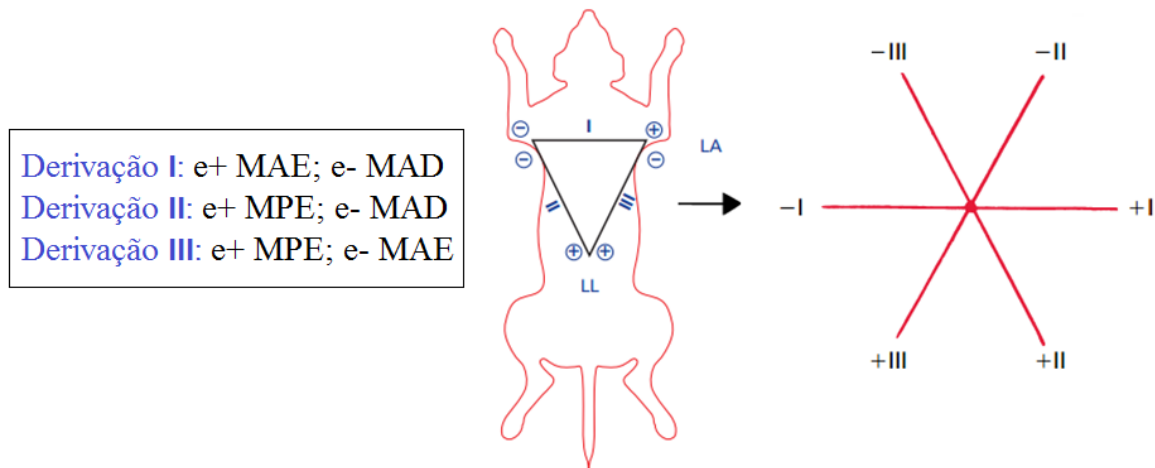
As derivações bipolares (Figura 9) são definidas pela numeração romana: I, II e III. Pelo facto de terem sido historicamente, as primeiras derivações a serem inventadas, são também chamadas de derivações *standard* (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018). Estas, medem a voltagem elétrica entre dois polos, um elétrodo positivo e um elétrodo negativo, derivando disto a denominação de bipolar. A localização dos elétrodos em cada derivação encontra-se descrita na imagem. Os elétrodos estão ligados entre si e ao galvanómetro, num ponto central denominado de *Terminal Central de Wilson*, que atua como elétrodo “virtual”, este ponto apresenta um potencial próximo de zero (Vandsø Petersen, 2015).

À representação espacial das derivações *standard* formada pelos três pares de elétrodos desenha um triângulo equilátero ao qual se denomina de *Triângulo de Einthoven*, em que assume o coração, como o centro do triângulo formado pelos dois membros anteriores e o membro posterior esquerdo. (Van Loon, G.; Patteson, 2010). O diagrama triaxial das

derivações bipolares resulta da transposição interior dos três lados do triângulo de Einthoven, até reunião num ponto comum, com potencial nulo (Gilmour, 2005).

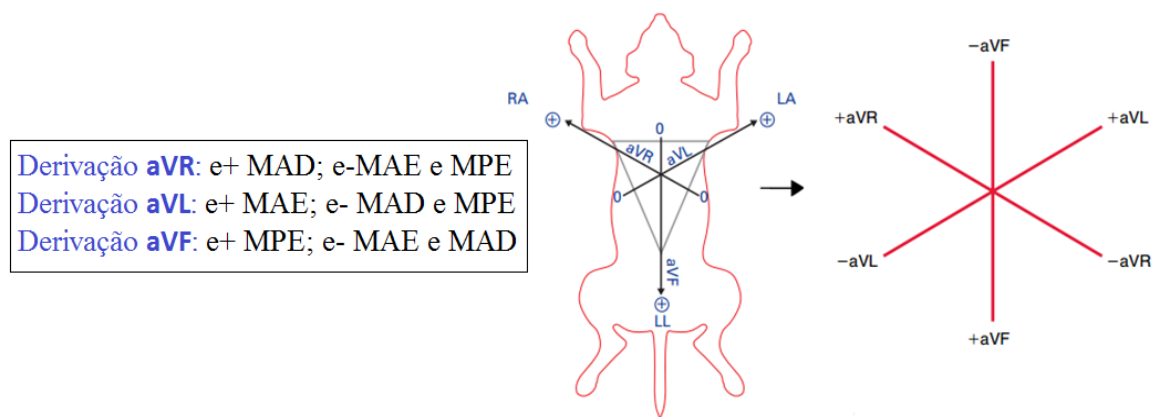
As derivações bipolares são úteis para o estudo das alterações ao traçado eletrocardiográfico normal, e para o diagnóstico de arritmias (Larry P. Tilley, 1992)

Figura 9 Localização dos eléttodos das derivações periféricas bipolares. (e+) eléttodo positivo, (e-) eléttodo negativo, (MAE) Membro anterior esquerdo, (MAD) Membro anterior direito; (MPE) Membro posterior esquerdo. Triângulo de Einthoven. + p10(19) + Diagrama triaxial. Adaptado de Oyama, 2014; Durman, 2017 e Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013.



As derivações unipolares ou aumentadas (Figura 10) são: aVR, aVL e aVF, em que “a” se refere a aumentada, “V” significa vetor, R, L e F dizem respeito a direita, esquerda, e pé respetivamente. Medem a voltagem elétrica entre os membros e o coração (Gabay, 2001). Nestas derivações são usados os mesmos eléttodos das derivações bipolares. Estas derivações apenas apresentam eléttodos positivos, denominados de “eléttodo exploratório”. O potencial elétrico é assim, registado por comparação entre a atividade elétrica de um eléttodo e a média de outros dois, que atuam como eléttodo negativo e que permitem aumentar a força do sinal (Hemsley, 2017). Ao pólo negativo, composto por estes dois eléttodos é chamado de *Terminal Central de Goldberg*, e é análogo a zero (Madias, 2008; Vandsø Petersen, 2015).

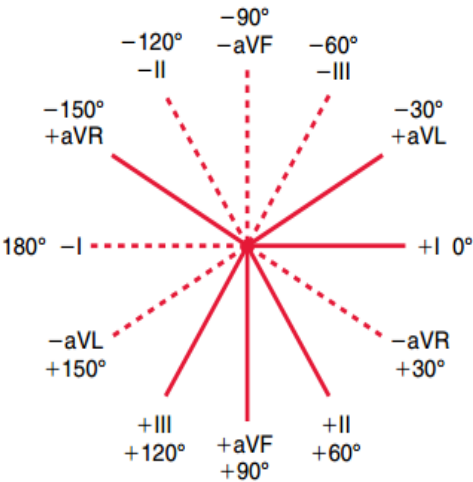
Figura 10 Localização dos eléttodos das derivações periféricas unipolares. (e+) eléttodo positivo, (e-) eléttodo negativo, (MAE) Membro anterior esquerdo, (MAD) Membro anterior direito; (MPE) Membro posterior esquerdo. Adaptado de Oyama, 2014; Durman, 2017 e Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013.



O termo unipolar advém por isso, do facto do registo da voltagem ser feito num local relativamente a um potencial próximo de zero, ao invés da voltagem noutra extremidade, como no caso das derivações bipolares. A voltagem registada pelo eletrocardiógrafo é aumentada eletricamente dentro do aparelho, sendo esta, cerca de 50% superior à voltagem detetada em cada extremidade (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013).

As derivações unipolares aumentadas são úteis para confirmar a informação obtidas nas derivações bipolares (Larry P. Tilley, 1992).

Figura 11 Diagrama de derivações hexaxial. A linha cheia, representa os polos positivos e a linha vazia, os polos negativos de cada uma das derivações. Adaptado de Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013.



A sobreposição das 3 derivações bipolares e das 3 derivações unipolares dá origem ao sistema de referência hexaxial (Figura 11) que inserido numa circunferência, é utilizado para calcular a orientação da onda média de despolarização ventricular) no plano frontal, pela relação anatómica destes ângulos com as principais câmaras cardíacas (Gilmour, 2005; Larry P. Tilley, 1992). O diagrama é visualizado em posição ventro-dorsal. Assim sendo, a derivação I e aVL abrangem todo o aspeto cranial do ventrículo esquerdo, a derivação II e aVF estão orientadas no direção na aparte caudal do ventrículo esquerdo e as derivações III e aVR sobrepõem o ventrículo

direito (Triguinho, 2011). Cada derivação apresenta um pólo positivo e negativo e a cada um corresponde uma designação angular. Cada ângulo adjacente apresenta 30°. O polo positivo da derivação I assenta na posição 0° e todas as derivações da semicircunferência abaixo da derivação I apresentam valores positivo. Da mesma forma, todas as derivações na semicircunferência acima de I são negativas (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018). Podem ser definidos quatro quadrantes principais no sistema hexaxial das derivações no plano frontal, como apresentado na Tabela 1.

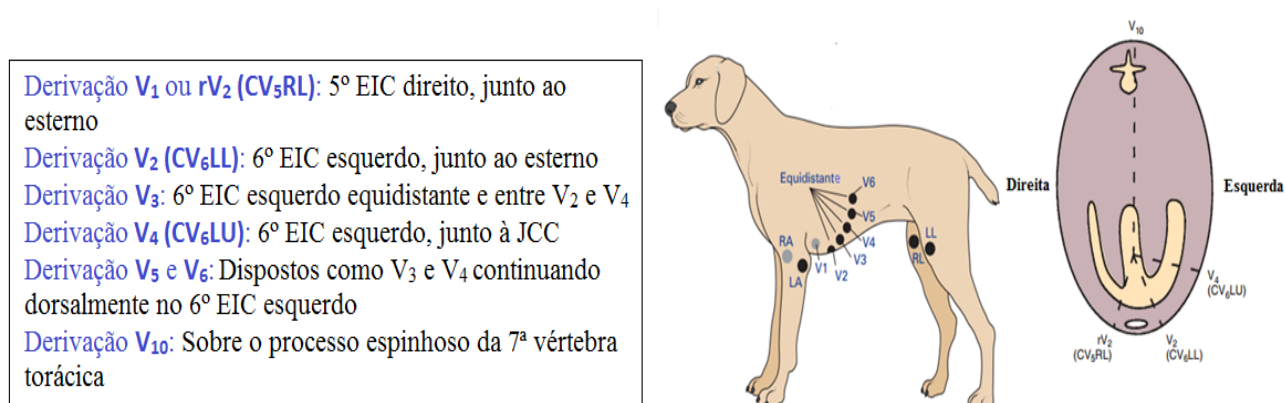
Tabela 1 Quadrantes do sistema de derivações hexaxial.

I (+) e aVF(+):	Quadrante inferior esquerdo (0 a 90°)
I (+) e aVF (-)	Quadrante superior esquerdo (0 a - 90°)
I (-) e aVF (+)	Quadrante inferior direito (+90 a ±180°)
I (-) e aVF (-)	Quadrante superior direito (-90 a ± 180°)

3.6.1.2 Derivações precordiais

As derivações precordiais V1, V2, V3, V4, V5 e V6 (Figura 12) são representadas com a letra V de *voltagem*. Definem o plano transverso, pelo que permitem o registo da atividade elétrica nas superfícies dorsal e ventral do coração (Hemsley, 2017; Larry P. Tilley, 1992). São outro tipo de derivações unipolares, no entanto não sofrem aumento, devido à sua maior aproximação ao coração (Hemsley, 2017). Os elétrodos positivos são colocados diretamente na parede torácica, de forma a sobreporem a silhueta cardíaca nas suas faces lateral, dorsal e ventral. A atividade elétrica registada é comparada com aquela detetada pelos elétrodos colocados nos membros anteriores e posterior esquerdo, e que atuam como terminal central (Hemsley, 2017). As derivações precordiais, são consideradas mais sensíveis para a identificação da onda P do que as derivações periféricas, bem como para o reconhecimento de determinadas arritmias e alterações do volume das câmaras cardíacas (Oyama et al., 2014; Larry P. Tilley, 1992). Na medicina humana, têm particular interesse no diagnóstico do infarto do miocárdio, pela maior proximidade à área cardíaca mais frequentemente afetada (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018).

Figura 12 Localização dos elétrodos das derivações precordiais. (EIC) espaço intercostal, (JCC) junção costochondral. Apresentado em corte transversal na figura à direita (Ware, 2014)



O sistema de 12 derivações conjuga os sistemas de derivações periféricas e precordiais, pela colocação de 10 elétrodos que apresentam 12 “janelas” distintas para a observação da atividade elétrica do coração (Hemsley, 2017).

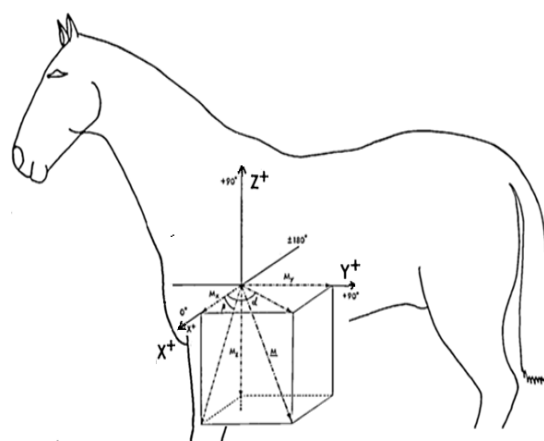
3.6.1.1 Sistema de derivações ortogonais modificado

É um sistema que combina a avaliação da atividade elétrica em três dimensões (compostas pelos planos frontal, sagital e transversal) perpendiculares entre si - derivações X, Y e Z -, por recurso aos elétrodos que definem respectivamente as derivações I, aVF e V_{10} (Figura 13).

Este tipo de sistema de derivações é utilizado para a formação do *vetocardiograma*. (Holmes, Zijl, Milaan, & Boer, 1967; Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016).

Segundo (Rogers & Bishop, 1971) o sistema de eixos ortogonal, será o mais adequado ao estudo dos parâmetros eletrocardiográficos de felinos, uma vez que as deflexões obtidas apresentam maior amplitudes.

Figura 13 Diagrama tridimensional representativo da desconstrução do vector cardíaco num dado instante, através do sistema de derivações ortogonais modificado. Plano frontal (xy), plano transversal (xz) e plano sagital (yz). O vector médio de magnitude M é formado pelos seus componentes M_x , M_y e M_z no eixos correspondentes x, y e z. Usando a notação do Triângulo de Eithoven ($X^+ = I = 0^\circ$, $Y^+ = aVF$ e $Z^+ = V_{10}$). Adaptado de Darke & Holmes, 1969.

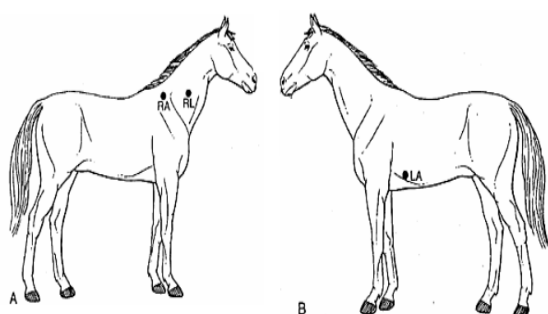


3.6.1.2 Outros sistemas de derivações e diferenças espécie-específicas

Nos equinos, não existe por enquanto um sistema de derivações de aceitação unânime (Vandsø Petersen, 2015; Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Apesar do sistema de derivações periféricas supra descrito também poder ser usado, é mais frequentemente utilizado um sistema de três elétrodos. Tal facto, permite minimizar os erros inerentes ao facto de, nestes animais, o coração não se encontrar no centro do triângulo de Einthoven, formado pelos membros (Darke & Holmes, 1969; Holmes & Alps, 1967; Van Loon, G.; Patteson, 2010). Outros sistemas de derivações passíveis de ser aplicados na avaliação da atividade elétrica em equinos, são aqueles em que os elétrodos são colocados ao longo do eixo elétrico médio (EEM) do coração (ápex – base com ligeira direção direita), não sendo tão importante nestes animais, um posicionamento exato dos mesmos (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon, 2010).

Derivação base-ápex: e+ no 6º EIC junto ao cotovelo esquerdo, ao nível do ápex do coração e o e- no primeiro terço superior do sulco jugular ou no topo da espinha escapular direita, e o elétrico terra, pode ser colocado em qualquer parte do corpo do animal, longe do coração (Figura 14) (Hemsley, 2017; Van Loon, G.; Patteson, 2010). Este sistema de derivações pode

Figura 14 Localização dos elétrodos no sistema base-ápex. A) vista lateral direita; B) vista lateral esquerda. (Reef, 2002)



também ser usado nos pequenos animais, para avaliação do ritmo cardíaco (Tilley & Smith Jr., 2016). Este sistema de derivações tem como principal vantagem, a obtenção de um traçado que é dificilmente afetado por artefactos de movimento, sendo adequado à avaliação eletrocardiográfica de indivíduos em exercício (Menzies-Gow, 2001; Pampana, Sgorbini, Bizzeti, & Niccolai, 2004).

Derivação em Y: e+ ao nível do processo xifoide do esterno, e- no processo manúbrio do esterno, e o *eléctrodo terra* pode ser colocado em qualquer parte do corpo do animal, longe do coração (Van Loon, G.; Patteson, 2010).

Nestes dois sistemas para equinos, o ECG é registado na derivação I (Van Loon, G.; Patteson, 2010). O sistema de derivações base-ápex, é aquele que melhor representa o verdadeiro EEM, é aquele que apresenta os melhores resultados, para cavalos em repouso (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010).

Para monitorização intra-cirúrgica da atividade rítmica do coração, pode usar-se um sistema de derivações de elétrodos esofágicos. Este posicionamento permite o registo de complexos de maiores dimensões o que aumenta a precisão do diagnóstico de arritmias durante as intervenções. Na prática clínica veterinária, cada vez mais têm vindo a ser adotados os sistemas dos ECG por wireless ou Bluetooth com exibição em tempo real por computador (Tilley & Smith Jr., 2016).

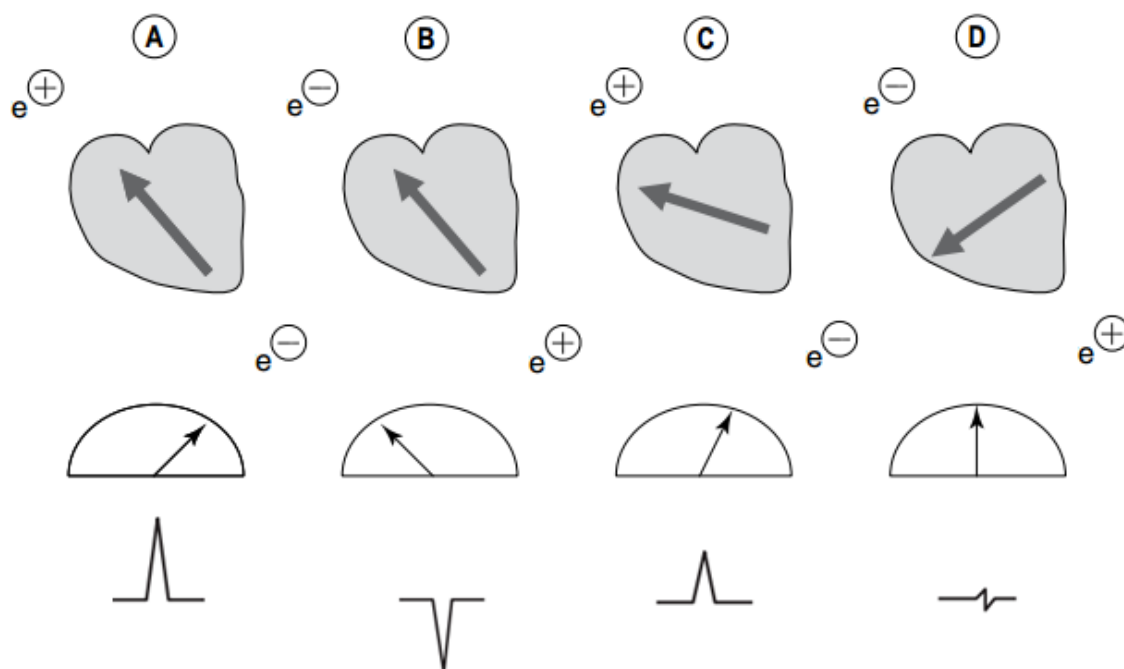
3.6.2 Regras base para a leitura do traçado eletrocardiográfico

As três regras que se seguem possibilitam o entendimento dos processos eletrofisiológicos que originam os padrões normais dos traçados eletrocardiográficos. Estes conceitos são aplicados a todas as derivações e a todas as espécies (Gilmour, 2005; Oyama et al., 2014; Larry P. Tilley, 1992).

1ª regra

Um *vetor elétrico cardíaco* constitui o somatório de todas as forças elétricas de um ciclo cardíaco, e é representado como o EEM Cardíaco (EEM). Como vetor, tem uma magnitude, sentido e direção, resultantes do trajeto tridimensional - vertical, horizontal e antero-posterior - do impulso elétrico pelas células do coração (Gilmour, 2005). Nas diferentes derivações que compõem o ECG, estas forças são somadas e representadas num espaço bidimensional, sobre a forma de grandezas escalares (e não vetoriais) que definem a sua magnitude (amplitude) e sentido (polaridade), dando origem ao aparecimento de um traçado. A existência de deflexões positivas ou negativas neste traçado, representa então estas duas características do vetor somatório plano definido pela derivação. A relação entre o vetor representativo da frente de onda, para um dado posicionamento dos elétrodos (derivação) e a deflexão obtida no ECG, é representada na Figura 15 (Larry Patrick Tilley & Burtinick, 2009).

Figura 15 Diagrama de relação entre o vetor médio, o sentido e o traçado resultante no ECG. Setas a cheio representam o sentido e orientação das onda elétricas. Setas normais representam a polaridade das deflexões resultantes no ECG. e+: elétrodo positivo; e- elétrodo negativo. A) a orientação ao elétrodo positivo, dá origem ao registo de uma deflexão positiva; B) a orientação em relação ao polo positivo, origina uma deflexão negativa; C) um vector dipolo que tenha uma direção oblíqua ainda que aproximada a e+, é representada por uma deflexão positiva de pequena amplitude; D) um vector que se direcione num eixo perpendicular a uma derivação, origina o registo de uma pequena deflexão bifásica, com polaridade nula ou mesmo, nenhuma deflexão traduzindo-se na continuidade da linha basal. Nesta caso foi representada onda bifásica +/-, uma vez que até meio do coração, existe uma pequena aproximação a e+, e depois o seu afastamento. Adaptado de Van Loon, G.; Patteson, (2010) e Larry Patrick Tilley & Burtinick (2009)



2ª regra

O valor das amplitudes registado à superfície do corpo, depende do número e densidade de miócitos que constituem a frente de onda, a distância entre esta e o eléctrodo - variando por isso com a forma do corpo (Cornet, 1985; Darke & Holmes, 1969). Quanto maior for o volume de tecido despolarizado (maior voltagem), mais alta é a amplitude dos complexos; o contrário se aplica. A magnitude é também mais elevada se o vetor se dirigir na direção exata de um eléctrodo proporcional e quanto maior for a proximidade da frente de onda ao eléctrodo. Contudo, a voltagem registada é influenciada pelo efeito das várias resistências teciduais intratorácicas (Larry P. Tilley, 1992; Van Loon, G.; Patteson, 2010).

3ª regra

A duração das ondas depende do tempo que estas ondas levam a atravessar a massa muscular cardíaca, levando a que ondas mais largas sejam encontradas em corações com maior volume muscular. Quanto mais longa a duração dos complexos, mais lenta é a propagação do sinal eléctrico (despolarização rápida), o contrário se aplica (W. Ware, 2011).

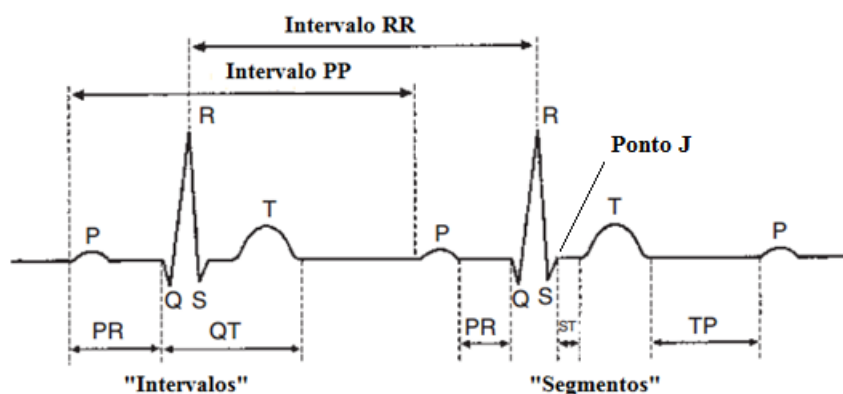
3.6.3 Traçado eletrocardiográfico

A representação de um ciclo de atividade eléctrica cardíaca é dada pela sequência gráfica P-QRS-T que se repete regularmente ao longo do tempo e, que se traduz mecanicamente na contração cíclica dos sincícios atrial e ventricular. É um traçado composto por ondas (deflexões positivas ou negativas), intervalos (porções que incluem pelo menos uma onda inteira) e segmentos (porções situadas entre o fim de uma onda e o início de outra) (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013). A leitura dos traçados, deve ser feita da esquerda para a direita.

A Figura 16 sumariza a Regra 5-4-3 dos Componentes do ECG, que define os principais componentes de um traçado eletrocardiográfico. p10(18): 5 ondas (P, QRS, ST, T e U); 4 intervalos (PR, QRS, QT e RR/PP) e 3 segmentos (PR, ST e TP). Daqui importa ressaltar o facto de PR ser considerado tanto um intervalo como um segmento.

As amplitudes das diferentes ondas integrantes do traçado, são medidas pela medida vertical que dista entre o seu pico à linha isoeletrica. No caso da existência de ondas bifásicas (ondas P ou T), a medida é feita com o somatório do valor modular das duas deflexões (Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). A duração dos parâmetros é feita entre o início e o fim destes, como representado na Figura 16.

Figura 16 Componentes temporais de um traçado eletrocardiográfico. Assinaladas as ondas P, Q, R, S e T; os intervalos PR, QT, PP e RR, e os segmentos PR, ST e TP. Adaptado de Stephenson, 2013.



Como anteriormente mencionado a magnitude e morfologia das ondas registadas estarão dependentes da relação entre os vetores dipolo e o posicionamento dos elétrodos, variável entre derivações. Por regra, a polaridade das deflexões é a mesma da do elétrodo para o qual o vetor somatório se orienta (Larry Patrick Tilley & Burtinick, 2009). Na ausência de patologia cardíaca, os padrões de morfologia de P-QRS-T poderão então ser estimados, a partir da relação existente entre as derivações *standard* e as derivações aumentadas. Os pólos positivos das derivações II e aVR são praticamente opostos, pelo que apresentaram morfologias opostas (ex: *qR* e *rS* respetivamente). Pela mesma ordem de ideias, pela proximidade dos polos positivos, as derivações III e aVF, e I e aVL poderão ter morfologias semelhantes, ainda que nem sempre se verifique (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018).

Para que se possa proceder à medição das amplitudes de onda, os pequenos animais devem ser posicionados em decúbito direito. Já a FC e a duração dos parâmetros podem ser medidos em qualquer derivação e em qualquer posicionamento (Hemsley, 2017). Como os ECGs dos equinos dão sobretudo informação útil para o ritmo e FC, o posicionamento *standart* é a estação (Van Loon, G.; Patteson, 2010).

Considerando, no entanto, o facto de que, a medição da magnitude das ondas, é efetuada de forma *standart* na derivação II, os valores médios e morfologias de onda apresentados na revisão bibliográfica, refletirão isso mesmo (exceto se referido o contrário): a propagação do sinal elétrico em relação à posição dos elétrodos definida na derivação II. Ainda que a

classificação dos subgrupos de mamíferos em A e B, seja tipicamente referente ao tipo de despolarização ventricular, para efeitos comparativos será usada esta classificação em todos os parâmetros analisados. Assim, neste estudo, a categoria A referir-se-á aos carnívoros domésticos, dos quais fazem parte canídeos e felídeos e ainda os cavídeos. A categoria B estará aqui representada exclusivamente pelos equídeos.

3.6.3.1 Parâmetros eletrocardiográficos

3.6.3.1.1 Onda P

A onda P corresponde à despolarização atrial, é a primeira onda registada num ciclo cardíaco. Mecanicamente, traduz-se na fase de contração atrial. Devido à limitada massa do músculo atrial, esta onda é sempre relativamente pequena (Larry Patrick Tilley & Burtinick, 2009).

Nos pequenos animais as forças de despolarização que emergem do nodo SA, são dirigidas caudo-ventralmente e à esquerda (Darke, 1974).

Categoria A - Nos carnívoros domésticos a onda P apresenta-se normalmente como uma onda simples (uma única deflexão). A porção ascendente de P, ocorre aquando da despolarização do átrio direito, no pico da deflexão, dá-se despolarização de ambos os átrios e a porção descendente corresponde à fase final da despolarização atrial esquerda (Schober, Maerz, Ludewig, & Stern, 2007). Normalmente esta onda, é uma deflexão pequena e positiva nas derivações II, III e aVF. Pode ser positiva ou isoeletrica na derivação I (Cote, 2010), e pode ser isoeletrica ou negativa nas derivações aVR e aVL (Oyama et al., 2014). A derivação em que P apresenta uma maior amplitude é II, e aquela em que é mais comumente isoeletrica é a aVL - derivação perpendicular a II (Hemsley, 2017; Oyama et al., 2014).

Para Cote (2010); O. L. Nelson (2003); Larry P. Tilley (1992) a duração da onda P em cães, pode ir até 0.04s (0.05 no caso de raças de grande porte) e a amplitude é no máximo 0.4 mV. Para Goodwin (2002) [citado em (Correa, 2005)] a duração de P máxima de P é de 0.05 s. A amplitude de P é no máximo 0.4 mV (Cote, 2010; O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992) ou 0.5 mV (Goodwin, 2002, como citado por (Correa, 2005)). Pelos mesmo autores e, no caso dos felídeos, os valores admitidos são 0.04 s para o valor máximo da duração da onda P e 0.2 mV para o máximo da amplitude de P (O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992). Estes valores são definidos com base em medições efetuadas na derivação II, com velocidade de papel 50mm/mV e sensibilidade 1cm= 1mV. A amplitude de P deve também no máximo de 0.2 mV na derivação aVF (Côté et al., 2011). Não existe um valor mínimo para a duração e

amplitude da onda P. Em algum caso pode mesmo estar ausente ou ser pouco distinta. No caso de não ser reconhecida a onda P em nenhuma das derivações periféricas, recomenda-se a visualização das derivações precordiais (Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016).

Com o EEM dentro dos parâmetros normais, existe apesar disto, uma variabilidade considerada normal dos valores da duração, voltagem, morfologia e direção da onda nas restantes derivações periféricas (Schober et al., 2007).

De notar ainda que, a onda P é muito sensível à influência do SNA, e que um aumento da FC pode induzir um aumento da amplitude da onda P (Larry P. Tilley, 1992). Para além da influência da FC, um estudo conduzido em canídeos demonstrou que fatores como o género, a idade, a altura à cernelha, e em especial a raça, devem ser tidos em conta uma vez que influenciam as amplitudes da onda P, de forma distinta nas diferentes variáveis (Upenlece, Birgele, & Arhipova, 1999).

Figura 17 Sentido do vector na despolarização atrial e deflexão correspondente na derivação II. Adaptado de Stephenson, 2013.



A Despolarização atrial

Em cavídeos adultos e conscientes a duração média da onda P, é cerca de 0,016 s segundo Pratt, 1938b muito diferente do valor médio 0,044 s registado por Botelho, Oliveira, Soto-Blanco, & Melo, 2016 ou 0,03 s definidos no trabalho de Zeman & Wilber, 1965. É uma onda geralmente bem marcada, sempre presente na derivação II, mas com morfologia variável, podendo ser simples ou bífida. Um estudo conduzido em machos adultos, sujeitos a anestesia geral com uretano (G; Ciešlar, Sieron, Rzepka, Zmudzinski, & Franek, 1986), determinou a que a onda P tem uma duração média de $0,025 \pm 0,0004$ s. Os valores da onda P apresentaram valores no intervalo de 0,01 a 0,29 mV em todas as derivações periféricas, sendo a II a derivação com maior amplitude média ($0,1 \pm 0,03$ mV) e a aVF e aVR com amplitudes mais aproximadas a II. A onda P apresentou-se sempre como uma onda de polaridade positiva nas derivações II e aVF, predominantemente positiva em I e III (Botelho et al., 2016). Na derivação aVR foi sempre negativa e na aVL foi predominantemente isoeletrica ou negativa.

Categoria B - Nos equinos, a morfologia de P é bastante variável (Kaese et al., 2013). Apesar disto, a onda P é normalmente positiva nas derivações I, II e aVF tanto no método de Einthoven como no base-ápice (Triguinho, 2011). Pode apresentar uma configuração simples, bifásica ou mais comumente, bífida. Quaisquer achados como estes são considerados achados fisiológicos, com a divisão da onda em dois picos (P1 e P2) (Verheyen, Decloedt, De

Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). O primeiro pico (P1) corresponde à despolarização atrial direita e o segundo (P2), diz respeito à despolarização atrial esquerda. Tal ocorrência é justificada pelo atraso que ocorre entre a contração de cada um dos átrios. Normalmente a amplitude de P2 é superior à de P1 (Petersen, 2015). As ondas de morfologia bifásica, são normalmente negativas e do tipo negativo/positivo (-/+). Nos equídeos, a morfologia e a amplitude de P estão relacionadas com a FC (Kaese et al., 2013). É normal haver uma variação da morfologia com a FC num mesmo indivíduo, num intervalo de tempo, podendo esta variar entre ondas sucessivas. Apesar disso, tendencialmente para menores valores de batimentos por minuto, esta onda adquire uma morfologia bífida (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Isto deve-se ao facto das ondas P1 sofrerem uma forte influência do SNA, apresentando-se sobrepostas a P2 quando o tónus vagal é reduzido (Triguinho, 2011). A amplitude por sua vez, está positivamente correlacionada com a FC (Hamid TM, 2010).

A duração da onda P deve ser sempre inferior a 0.16 s (Menzies-Gow, 2001; Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon, 2010). Valor este determinado a partir de um sistema de derivações base-ápex. Dados obtidos a partir de cavalos da raça PSL revelam uma diminuição deste valor médio, com o registo de valores na ordem dos $0,11 \pm 0,02$ s, obtidas pelo método de Einthoven. Neste estudo as amplitudes médias de onda foram 0.23 mV, quer para ondas bífidas (dada pela maior deflexão determinada) quer para ondas simples (Triguinho, 2011).

3.6.3.1.2 Segmento PR e Intervalo PR

O segmento PR é um segmento relativamente curto e isoelectrico, que apesar de ser representado por PR é, graficamente a medida que precede a onda P, até à primeira deflexão do complexo QRS. Corresponde ao tempo que decorre desde o final da contração atrial até ao início da contração ventricular. O intervalo PR é o somatório da onda P e o segmento PR. Define o tempo que demora o estímulo a percorrer desde o nodo SA até ao sistema de ramificações His-Purkinje (Gilmour, 2005; Oyama et al., 2014). Mecanicamente, é o tempo que decorre desde o início da contração atrial até ao início da contração ventricular.

É o período de tempo que decorre do atraso da progressão do impulso eléctrico na junção AV (W. A. Ware, 2014). É por isso um indicador da função do nodo AV (Hemsley, 2017). Os ECGs de superfície, não são normalmente, sensíveis o suficiente para fazer o registo da corrente eléctrica neste troço, uma vez que o número a ser despolarizadas, é relativamente pequeno, não produzindo assim alterações suficientes no campo eléctrico legível pelo aparelho

(Martin, 2015; Van Loon, G.; Patteson, 2010). Trata-se então apenas de uma medida de tempo. Em animais saudáveis, variações na duração de PR podem ocorrer devido a alteração no tônus vagal (Tilley & Smith Jr., 2016).

Categoria A - O intervalo PR normal para cães é de 0.06 a 0.13 s e para gatos é de 0.05 a 0.09 s (Rogers & Bishop, 1971; Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). O intervalo PR deve ter amplitude isoeletrica, manifestado pelo retorno do traçado eletrocardiográfico à linha basal, após despolarização atrial. Em cães adultos saudáveis e conscientes, a duração do intervalo PR pode ter valores máximos e mínimos de 0,055 s e 0,024 s respectivamente. Sendo que o valor médio normal de 0,036 s (Pratt, 1938b) aumenta para 0,049 s em indivíduos submetidos a anestesia geral (G; Ciešlar, Sieroń, Rzepka, Zmudziński, & Franek, 1986)

Categoria B - Devido ao seu elevado tônus vagal, o intervalo PR normal em cavalos pode atingir durações até 0.5 s, nos poldros os valores máximos descem para o intervalo entre os 0.11 e 0.18 s (Vandsø Petersen, 2015). Ao contrário do grupo A, ainda que seja difícil, pode por vezes ser possível determinar nos indivíduos da Categoria B, a repolarização atrial (Ta), que ocorre imediatamente antes da despolarização ventricular, neste período de tempo (Kaese et al., 2013).

3.6.3.1.3 Complexo QRS¹

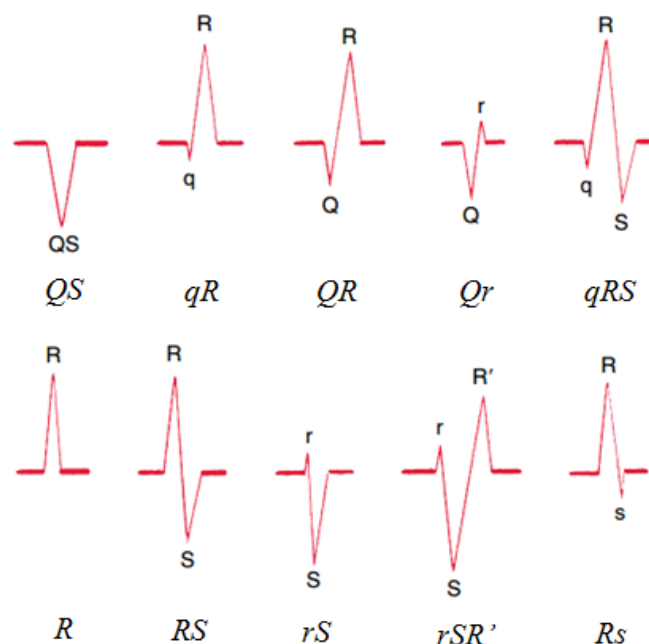
O complexo QRS corresponde ao período de despolarização ventricular, na qual as forças de ativação miocárdica se orientam caudalmente e à esquerda (Darke, 1974). A sua duração é expressão do tempo da despolarização dos ventrículos esquerdo, direito e septo interventricular (Gilmour, 2005). Este período é contemporâneo com a repolarização dos átrios. Devido à sua pequena amplitude, o segmento ST atrial (STa) e a onda T atrial (Ta) não são registadas no ECG de superfície (Kaese et al., 2013).

O complexo QRS é constituído, normalmente por um conjunto de ondas, sendo por convenção chamada a qualquer das combinações destas ondas, complexo QRS. A atribuição de um conjunto de regras de nomenclatura permite a definição de forma consensual, da morfologia de QRS (Figura 18). Assim, segundo (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013; Martin, 2015):

¹ Para referências ao complexo de ondas QRS ou ondas integrantes, será utilizada um tipo de letra normal. Para referências à morfologia das mesmas, serão utilizadas letras a itálico.

- (1) à primeira deflexão negativa, denomina-se onda Q, com exceção dos complexos inteiramente negativos, os quais se denominam por QS (a ausência de onda R impede distinção entre uma onda Q ou R);
- (2) à primeira deflexão positiva, denomina-se onda R;
- (3) à deflexão negativa que se segue a R, denomina-se onda S;
- (4) no caso de complexos com mais de uma deflexão positiva, denomina-se de R' à segunda deflexão extra. Nos complexos com mais de uma ou duas deflexões negativas, dá-se o nome de S', à segunda ou terceira deflexão negativa extra, respetivamente;
- (5) as ondas de maior amplitude relativa, devem ser representadas pela maiúscula da respetiva letra. Para as ondas de menor amplitude, usa-se a minúscula;
- (6) deve ser sempre referida a derivação da leitura, uma vez que a morfologia dos complexos é função da mesma.

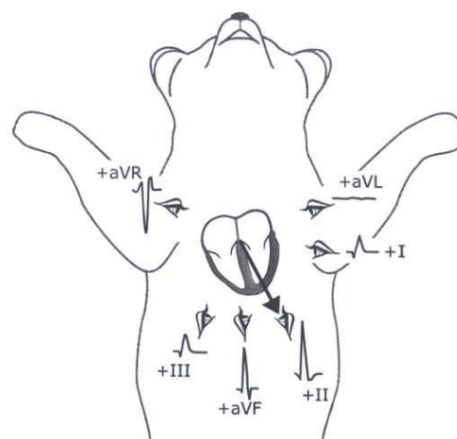
Figura 18 Nomenclatura das variações possíveis da morfologia do complexo QRS. Adaptado de (Goldberger, Ary L.; Goldberger & Shvilkin, 2013)



As paredes livres ventriculares dos mamíferos, não são simétricas, sob condições normais. O miocárdio do ventrículo esquerdo é mais espesso que o direito, pelo que o somatório das forças de depolarização se dirige caudalmente e ligeiramente à esquerda. Desta forma, para um mesmo indivíduo, a morfologia tende a ser positiva nas derivações II, III e aVF, quando o EEM se encontra dentro do intervalo de normalidade e os maiores valores são obtidos na derivação II (Oyama et al., 2014). A derivação aVR, contrária a II assume sempre uma polaridade negativa (ex: *Qr*, *QS* ou *rS*) e com magnitude semelhante a esta. A Figura 19

exemplifica as morfologias mais tipicamente encontradas nas derivações periféricas nos pequenos animais, quando o EEM está dentro da normalidade. Complexos com morfologia do tipo *QRS* apresentam normalmente, uma onda R predominante, e caracterizam o tipo de complexo predominantes na derivação II (Tilley & Smith Jr., 2016). (Cote, 2010). Todas as outras derivações têm, contudo, uma morfologia mais variável. Em humanos, a variabilidade das morfologias encontradas nas restantes derivações periféricas explicar-se-á pela variação existente entre indivíduos na orientação elétrica (posição) do coração - EEM, tal como nos restantes mamíferos (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018). Sendo sempre de esperar uma polaridade de QRS predominantemente positiva nas derivações situadas no intervalo de EEM normal para cada espécie (Holmes & Alps, 1967). Nos animais por sua vez, a forma do tórax, é um fator condicionante da orientação do EEM, como explicado mais à frente.

Figura 19 Morfologia dos complexos QRS nas diferentes derivações periféricas quando o EEM se encontra dentro do intervalo de normalidade (Cote, 2010).



Para a mesma derivação, alterações na morfologia entre espécies, dizem respeito às características da condução intraventricular. Estas particularidades espécie-específicas, são particularmente evidentes aquando da utilização do sistema de derivações ortogonais, que permite avaliar a tridimensionalidade da atividade elétrica cardíaca. Seguidamente citam-se as principais diferenças no processo de ativação elétrica ventricular nos dois grupos de mamíferos, bem como as principais diferenças que resultam nos eixos X (I), Y (aVF) e Z (V10) e valores de referência publicados para a derivação *standard* (Martin, 2015; W. A. Ware, 2014):

Categoria A - A ativação ventricular decorre, por condução do estímulo elétrico ao miocárdio e ao folhetos subepicárdicos (Van Loon, G.; Patteson, 2010), num processo que decorre em três fases, e dura em média, entre 0.030 a 0.035 s e é mais frequentemente representado na derivação aVF pela morfologia qRs (Hamlin & Smith, 1965; Martin, 2015). Fase de despolarização ventricular inicial (Figura 20 – vetor amarelo) com origem num conjunto de células subendocárdicas que ocupam todo o ápex do ventrículo esquerdo e uma porção do endocárdio ventricular direito e cuja força de despolarização é primeiramente propagada à direita, pelo feixe esquerdo de His (Larry P. Tilley, 1992) Esta fase em que ocorre a despolarização septal, é representada nos primeiros 0.005 a 0.010 s do complexo

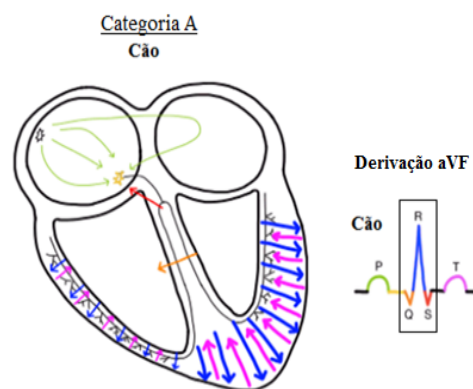
QRS, por uma deflexão negativa em aVF – onda Q. Na segunda fase (Figura 20 – somatório dos vetores azuis), dá-se a despolarização das paredes livres de ambos os ventrículos esquerdo e direito, por difusão do potencial de ação em direção ao epicárdio, a partir das terminações das fibras de Purkinje, localizadas subendocardicamente. A orientação do vetor médio de despolarização à esquerda para o ápex cardíaco origina uma onda alta na mesma derivação - onda R (Van Loon, G.; Patteson, 2010). Corresponde em média aos 0.015 s seguintes de QRS. Uma terceira fase (Figura 20 – vetor vermelho) ocorre com a propagação final do estímulo à região basal das paredes livres ventriculares e septal, completando a despolarização total dos ventrículos e do septo interventricular – a direção apicobasilar para longe do eletrodo positivo em aVF dá origem a uma deflexão negativa - onda S. Dura aproximadamente os últimos 0,005 s do período de despolarização ventricular completo (Hamlin & Smith, 1965). A duração máxima do valor de QRS em canídeos, pode alcançar os 0,05 s em raças de pequeno porte ou 0,06 s em raças de grande porte. Em felídeos, este valor atinge o máximo de 0,04 s (Cote, 2010; Larry P. Tilley, 1992) e em cavídeos o máximo de 0,021 s (Pratt, 1938b) .

Segundo Hamlin & Smith (1965) a morfologia registada na derivação I (plano X) é frequentemente do tipo *qR*.

Os felídeos são uma espécie particular, dentro desta categoria, uma vez que apresentam uma grande variabilidade de morfologias apresentadas nos planos mencionados. Apesar da maioria dos indivíduos apresentar as mesmas morfologias referidas para a derivação I e aVF, cerca de um terço da população de indivíduos estudada apresentou as variações de *Rs* e *Qr* em I e *rSr'* em aVF. Isto indica um vetor de forças orientado cranialmente e à direita, numa percentagem pequena dos felídeos (Hamlin & Smith, 1965).

A amplitude do complexo é por vezes avaliada pela altura da maior deflexão integrante, sendo que na derivação II, a altura da onda R pode ter valores máximos de 2.5 mV, 3.0 mV e 0.9 mV, em cães de raça pequena, grande e felídeos respetivamente (Cote, 2010; O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992). Estes valores devem ser corrigidos contudo, no caso de cães de peito estreito e profundo ou indivíduos com menos de dois anos de idade (Larry P. Tilley,

Figura 20 Esquema de ativação ventricular em três fases e traçado resultante no plano Y (derivação aVF), nos animais da categoria A. Área de despolarização reproduzida nas figuras, com as direções da frente de onda a ser representada pelas setas. 1) Fase de despolarização inicial a laranja, 2) Fase de despolarização das paredes livres a azul e 3) Fase de despolarização do septo interventricular e base dos ventrículos a vermelho. Adaptado de Vandsø Petersen, 2015.

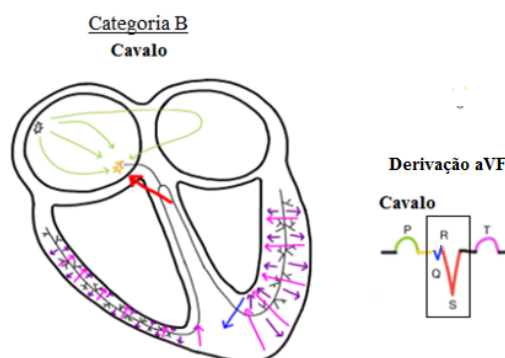


1992). Animais de peito profundo são também eles caracterizados por ter ondas Q profundas (Hemsley, 2017). A menor amplitude de R possível em cães é de 0.05 a 1.0 mV (Tilley & Smith Jr., 2016). Nos gatos não existe um valor mínimo definido para esta amplitude em II (Côté et al., 2011). É comum a existência de complexos QRS em forma de W nos gatos, com presença de ondas R' e S', fenômenos este pouco comum em canídeos (Rogers & Bishop, 1971). Os cavídeos acordados, apresentam uma duração média do complexo QRS em indivíduos de cerca de 0,013 s, podendo atingir valores máximos de 0,021 s e mínimos de 0,008 s (Pratt, 1938b). Por contrário, nos indivíduos submetidos a anestesia geral com uretano a 10% apresentaram o dobro da duração ($0,026 \pm 0,003$ s) do complexo de despolarização ventricular (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986). Neste mesmo estudo, a amplitude média de QRS na derivação II foi de $0,54 \pm 0,26$ mV. As derivações I II e aVR apresentaram, valores aproximados de amplitude do complexo. O tipo de morfologia predominante em praticamente metade (49%) dos indivíduos foi do tipo *qR*, seguindo-se a *qRs* (42%) em II (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986).

Categoria B - A ativação do miocárdio ventricular ocorre em vários sentidos ao invés, da ativação por uma única frente de despolarização como a descrita nos carnívoros domésticos. No seu somatório, estas múltiplas ondas de despolarização ventriculares, com polaridades diferentes tendem a anular-se, fazendo com que estas forças pouco ou nada contribuam para a formação de onda no ECG (Hamlin & Smith, 1965; Van Loon, G.; Patteson, 2010).

No ECG de equinos, o traçado existente referente à atividade elétrica ventricular ocorre em duas fases - sendo comum a por vezes presença de apenas duas ondas (Vandsø Petersen, 2015). A fase de despolarização ventricular inicial (Figura 21 – vetor azul) idêntica à descrita na categoria A, e uma fase da despolarização terminal de dois terços superiores do septo interventricular, em direção apicobasilar e da ativação simultânea de parte parede ventricular esquerda na direção

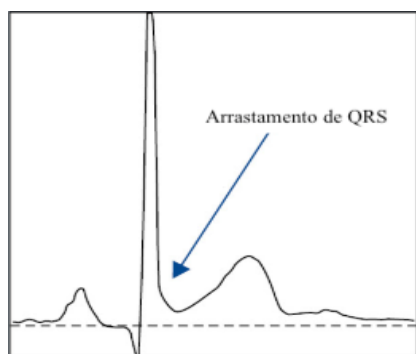
Figura 21 Esquema de ativação ventricular em duas fases e traçado resultante no plano Y (derivação aVF), nos animais da categoria B. Área de despolarização reproduzida nas figuras, com as direções da frente de onda a ser representada pelas setas. 1) Fase de despolarização inicial – azul, 2) Fase de despolarização do septo e paredes livres – vermelho. Adaptado de (Vandsø Petersen, 2015)



subepicardio-epicardico (Figura 21 – vetor vermelho) (Darke & Holmes, 1969; Schwarzwald, Kedo, Birkmann, & Hamlin, 2012; Van Loon, G.; Patteson, 2010). No ECG de superfície a

frente de onda resultante tem uma direção dorso-cranial (Van Loon, G.; Patteson, 2010). Esta fase final de despolarização ventricular decorre no 0,04 s finais de QRS (Hamlin & Smith, 1965). Na prática, o traçado eletrocardiográfico nos equinos não mostra a despolarização dos ventrículos (Muylle & Oyaert, 2010; Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Este período dura entre média entre 0,045 e 0,05 s (Hamlin & Smith, 1965). Os cavalos são caracterizados por complexos largos, com duração que podem chegar o máximo de 0,14 s nos adultos, e 0,05 a 0,18 s nos poldros (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Nos equídeos, a duração do complexo está positivamente relacionada com a FC, pelo que o aumento elevado da FC, resultam no encurtamento deste intervalo (Kaese et al., 2013; Schwarzwald et al., 2012). Nesta espécie é comum a presença de “arrastamento” de ST (prolongamento da porção terminal de QRS), dificultando por vezes a determinação correta da duração do complexo (Schwarzwald, 2018) (Figura 22).

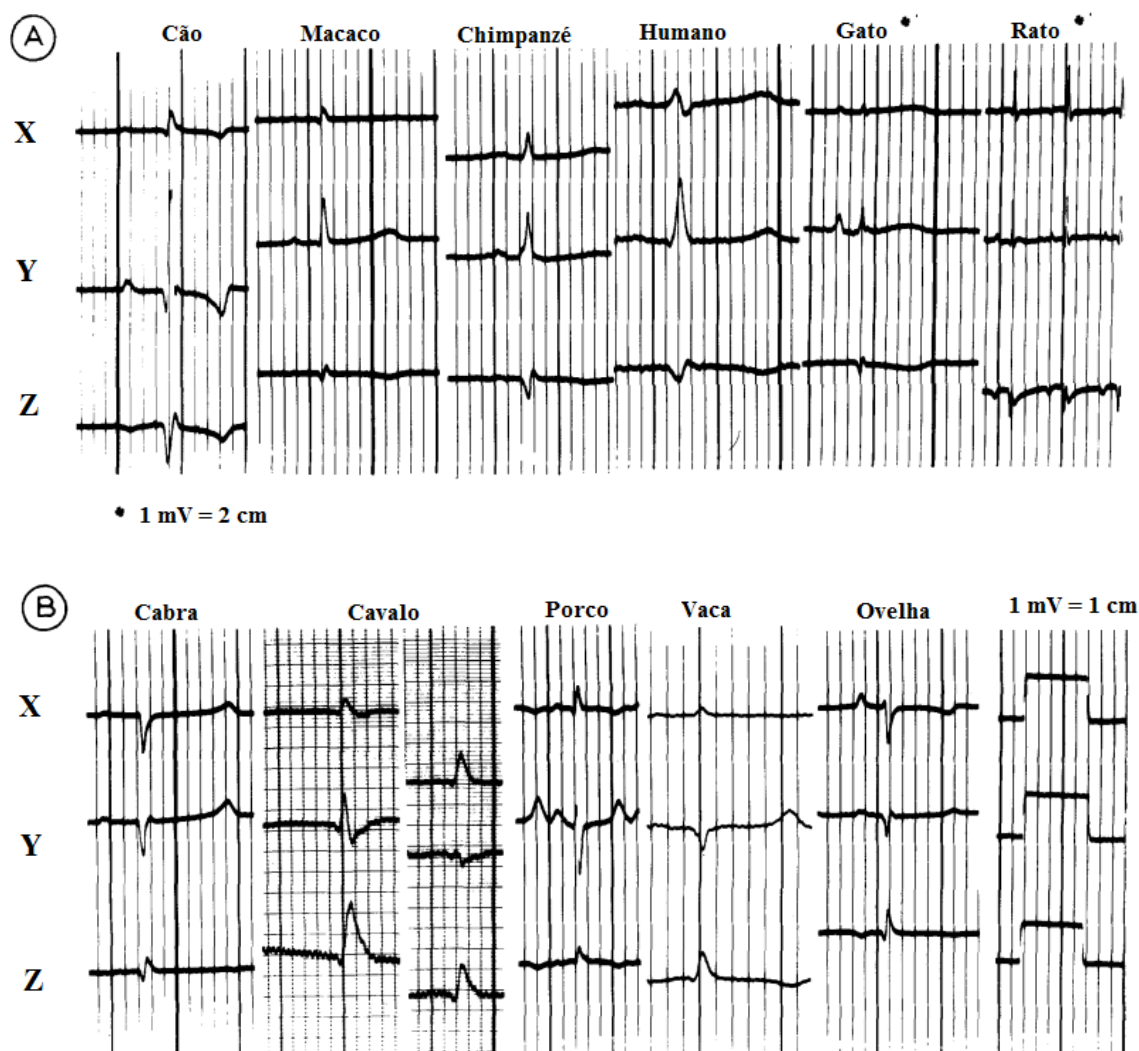
Figura 22 Arrastamento de QRS. Adaptado de fonte online online (Hanna & Glancy, 2015)



Normalmente são complexos de amplitudes elevadas, podendo ir até 3 a 4 mV (Menzies-Gow, 2001). No estudo conduzido em indivíduos da raça Puro Sangue Lusitano, dentro dos traçados obtidos na derivação II do sistema de Einthoven, a morfologia mais encontrada foi do tipo QR, seguida da QRS. As amplitudes média foram de $0,16 \pm 0,02$ mV, para a onda Q, $0,56 \pm 0,04$ mV para a onda R e $0,27 \pm 0,04$ mV para onda S (Triguinho, 2011).

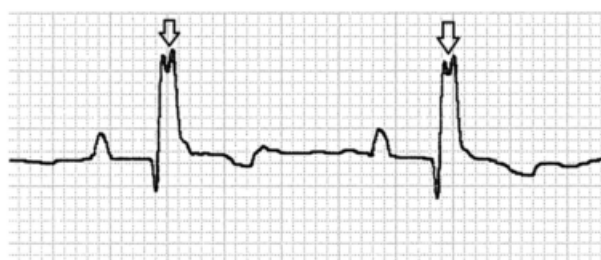
Em aVF (plano Y), os animais da categoria B mostram tipicamente complexos com morfologia tipo *qrS*, *qRS* ou *QS*, que correspondem a complexos de polaridade negativa, devido à orientação dorso-cranial das forças de despolarização ventricular. Na derivação I (plano X) a morfologia de QRS é muito variável, podendo apresentar desde polaridades negativas do tipo *QS*, a positivas do tipo *qR* (Hamlin & Smith, 1965) (Figura 23). Apesar de não ser do âmbito do presente trabalho, o estudo das derivações precordiais, importa referir que a maior diferença entre as duas categorias de mamíferos no que refere à despolarização ventricular, reside na derivação V_{10} onde todas as espécies A, apresentam morfologias do tipo *Qr* e todas as espécies B são do tipo *qR* (derivação V_{10}). Esta diferença justifica a identificação dos traçados pelos grupos de mamíferos referidos, e é a razão pela qual os felídeos são inseridos no grupo A, apesar da variabilidade morfológica intraespecífica que apresentam (Hamlin & Smith, 1965; Muylle & Oyaert, 2010).

Figura 23 Traçado resultante nas derivações X, Y e Z (I, aVF e V10) do sistema ortogonal nas duas categorias de mamíferos A e B. Predominância da polaridade positiva nas espécies da categoria A e negativa nas da B, no plano Y. Notar a grande similaridade existente entre todos os animais da mesma categoria no plano Z. Adaptado de (Hamlin & Smith, 1965).



Alterações da morfologia típica do complexo de despolarização ventricular (fQRS) - *QRS fragmentados* (Figura 24) estarão relacionadas na maioria das vezes com a existência de patologia cardíaca. É o caso dos complexos QRS com entalhe (existência de picos consecutivos, numa mesma onda integrante do complexo, separadas por um reverso da direção). Um estudo realizado em cães saudáveis e com doença cardíaca (Winter & Bates, 2017), expõe a hipótese destes complexos puderem ser um achado normal presente nos eletrocardiogramas de indivíduos saudáveis, tal como acontece na espécie humana (Haukilahti,

Figura 24 ECG de cão com QRS com entalhe. derivação III (Winter & Bates, 2017).



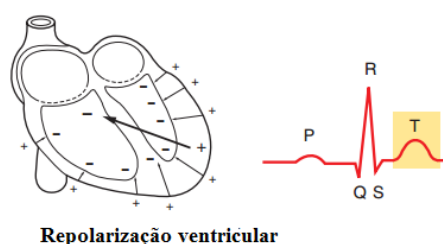
Eranti, Kenttä, & Huikuri, 2016). Estas alterações da morfologia dever-se-ão a pequenos atrasos na condução elétrica no sistema His-Purkinje (Haukilahti et al., 2016). É de notar no entanto, que a existência de mais de uma derivação afetada por este tipo de alteração de QRS, estará mais relacionada com a presença de doença cardíaca (Winter & Bates, 2017).

3.6.3.1.4 Onda T

Representa a onda de repolarização ventricular, que se segue imediatamente a seguir à despolarização dos ventrículos.

Categoria A - A onda T é muito variável em canídeos e felídeos, podendo ser positiva, negativa ou bifásica (Larry P. Tilley, 1992). Esta variabilidade está relacionada com o facto de que, ao contrário do que acontece com o padrão de despolarização ventricular em que o sentido da onda é bem definido, o padrão de repolarização não é tão previsível (Richig & Sleeper, 2014). Em indivíduos normais, a repolarização pode dar-se tanto da superfície ventricular externa para a interna, como no sentido contrário. No primeiro caso, as células da parede ventricular externa que foram as últimas a despolarizar, são as primeiras a repolarizar, isto dá origem a uma onda T positiva típica na derivação II, devido à existência de um vector dipolo orientado exteriormente e no mesmo sentido que a frente de onda da repolarização ventricular (Figura 25). Nos casos em que a repolarização se inicia no mesmo sentido da despolarização ventricular (do interior dos ventrículos para o exterior), a superfície externa tem carga global negativa e por isso o vector dipolo está orientado interiormente, dando origem a uma onda T negativa na derivação II (Cote, 2010; Kibble & Halsey, 2014).

Figura 25 Esquema representativo da frente de repolarização ventricular e deflexão resultante na derivação II. Adaptado de Stephenson, 2013.



Aumentos súbitos no tónus simpático podem explicar a existência de ondas T alternadas (variação da amplitude em ciclos contínuos) (Tilley & Smith Jr., 2016). Também a alteração da posição dos membros e certos fármacos podem resultar em alterações da morfologia, amplitude e direção da onda T (Richig & Sleeper, 2014)

Categoria A - A amplitude da onda não deve ser superior a 0,5 a 1,0 mV em qualquer derivação nem, superior a $\frac{1}{4}$ da amplitude da onda R ou um quarto da amplitude da onda Q (nos casos em que onda Q é maior que a onda R) (Cote, 2010; Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). Segundo O. L. Nelson, 2003 a razão T/R máxima é de 1/3. Nos gatos a onda T pode alcançar o máximo de 0.3 mV (O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992), é normalmente

positiva em II, mas pode ser também negativa ou bifásica (Côté et al., 2011). Nos cavídeos, a duração média da onda T é de 0,022 s (Pratt, 1938b). Em indivíduos anestesiados chega a ter $0,028 \pm 0,004$ s e é sempre positiva na derivação II. Nesta derivação, a onda T teve uma amplitude média de $0,05 \pm 0,04$ mV (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986).

Categoria B - No cavalo, existe de igual forma uma grande variabilidade do tamanho e orientação da onda T que está relacionada com a FC. Pode mesmo haver alteração da sua morfologia durante no período de um único registo, num mesmo indivíduo (Vandsø Petersen, 2015; Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Esta característica impossibilita o uso desta onda para a avaliação de distúrbios da repolarização, nesta espécie (Holmes & Rezakhani, 1975; Kaese et al., 2013). No estudo efetuado na raça PSL, a morfologia bifásica do tipo -/+ foi a mais encontrada (76%), com uma amplitude modular média de aproximadamente 0,30 mV e uma duração de $0,17 \pm 0,007$ s (Triguinho, 2011).

3.6.3.1.5 Intervalo QT

É uma medida de tempo, que demora a que ambas despolarização e repolarização ventricular ocorram (Tilley & Smith Jr., 2016). O intervalo QT é a medida de tempo definida entre o início da onda Q e o fim da onda T.

A duração de QT é principalmente influenciada por variações autonómicas. Assim, apesar do intervalo QT e da FC serem determinadas separadamente por ação de diferentes neurónios simpáticos, e estes poderem ser ou não, ativados em simultâneo, o intervalo de QT tende a ser maior com a diminuição da FC e a diminuir para FC mais altas (Carrieri, 1972; Larry P. Tilley, 1992). Estando portanto com isto, provada uma dependência da FC da sístole mecânica (Malik, Hnatkova, Sisakova, & Schmidt, 2008). O maior intervalo QT encontrado numa derivação, é aquele considerado como o mais aproximado ao real. Isto deve-se ao facto deste intervalo exibir histerese. Querendo isto dizer que o ajuste do intervalo à FC, é feito lentamente, requerendo alguns batimentos na mesma FC, para que uma nova duração se estabeleça (Richig & Sleeper, 2014). Por norma, a sua duração deve ser menos de metade do intervalo RR precedente, para FC normais e ritmo sinusal (Richig & Sleeper, 2014; Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). Com valores extremos de FC, fora do intervalo normal da espécie e raça, o intervalo QT tende a ser menor ou maior que a metade de RR precedente, para baixas e altas FC, respetivamente. Em situações como exercício, deve ser ajustado o valor de QT à variabilidade da FC: QT corrigido (QTc) (Carrieri, 1972; G; Ciešlar, Sieron, et al., 1986; Schwarzwald et al., 2012; Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). Na medicina veterinária, o intervalo QT por si só não tem papel diagnóstico. Para que possa ser considerado, deve ser

sempre comparado com intervalos QT de traçados anteriores para a mesma FC (Larry P. Tilley, 1992).

É de referir que o intervalo QT é normalmente uma medida de difícil mensuração, mesmo por leitores experientes. Tal facto prende-se com a dificuldade caso-a-caso, em definir os limites da onda T (particularmente nos casos de ondas T pequenas), ondas T bífidas ou na presença de ondas U. A variabilidade intra-observador é alta para o intervalo QT, ao contrário da esperada para outros intervalos como RR, em que os picos são bem definidos (Bhullar, Chia, Ong, & Ng, 1996). Por esta razão este intervalo deve ser medido, nas derivações em que a onda T seja claramente definida (Larry P. Tilley, 1992)

Categoria A - A duração normal do intervalo QT no cão é de 0,15 a 0,25 segundos e de 0,12 a 0,18 segundos no gato (Cote, 2010; O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992). Esta descrita, a relação do intervalo QT com a FC, a idade e o género em humanos. (Larry P. Tilley, 1992) Nos canídeos foi demonstrada relação com o porte dos indivíduos. Animais de maior porte apresentam maiores valores de QT (Carrieri, 1972). Nos cavídeos acordados este intervalo dura em média 0,094 s, calculado a partir do somatório do valor médio de QRS, ST e T (Pratt, 1938b). Em indivíduos anestesiados com uretano a 10%, o intervalo QT registou a média de $0,109 \pm 0,028$ s. De igual forma nesta espécie, este intervalo é muito correlacionado com a FC (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986)

Categoria B - Nos cavalos, a duração de QT alcança máximos de 0,58 segundos nos adultos e 0,19 a 0,36 segundos nos poldros (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Na raça PSL, o valor médio do intervalo baixa para $0,51 \pm 0,008$ s (Triguinho, 2011). Animais de maior porte apresentam uma correlação positiva com o intervalo QTc (Schwarzwald et al., 2012).

3.6.3.1.6 Segmento ST

O segmento ST define o tempo que decorre do fim da despolarização ventricular ao início da repolarização ventricular. Mecanicamente é o período em que o miocárdio está contraído, enquanto o sangue é ejetado dos ventrículos (Hemsley, 2017). Abrange apenas o período que decorre do fim da onda S (*Ponto J*), ao início da onda T. Normalmente corresponde a uma linha isoeletrica (ao nível do intervalo TP), mas pode também apresentar-se ligeiramente acima ou abaixo da linha basal. Em relação a estes intervalo, todas as quatro espécies abordadas ainda que pertençam a categorias distintas, apresentam entre si, a particularidade de apresentarem um segmento ST bem definido. Já espécies como o rato, a ratazana, a toupeira etc, não apresentam segmento ST, sendo o intervalo QT definido pelo complexo QRS e onda

T (Richig & Sleeper, 2014). Esta particularidade prende-se com diferenças existentes no potencial de ação entre as espécies.

Categoria A – A duração máxima do intervalo pode ir de 0,2 s, em raças de pequeno porte ou 0,19 s em raças grandes (Larry P. Tilley, 1992) Qualquer elevação maior que 0.15 mV nas derivações II, III ou aVF é considerada anormal no cão. No caso de taquicardia pode ocorrer pseudodepressão do segmento ST devido a onda Ta proeminente. Qualquer depressão do segmento ST maior que 0.2 mV nas mesmas derivações é patológico no cão (Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). O grau de desvio do segmento pode variar ciclicamente, na arritmia fisiológica respiratória, e tende a aumentar, para intervalos RR precedentes menores (Larry P. Tilley, 1992). Nos felídeos este segmento pode alcançar o máximo de 0,14 s. Qualquer elevação ou depressão de ST é patológica em gatos (Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). Nos cavídeos, o intervalo ST teve uma duração média de 0,059 s (Pratt, 1938b), este valor para diminui para $0,055 \pm 0,009$ s quando submetidos a anestesia geral com uretano (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986)

Categoria B – Nos equídeos este segmento pode alcançar o máximo de 0,46 (Van Loon, G.; Patteson, 2010). Os desnivelamentos de ST são considerados patológicos (Schwarzwald, 2018)

3.6.3.1.7 Diferenças espécie específicas

Segundo Richig & Sleeper, 2014, os traçados electrocardiográficos de animais de diferentes espécies pode ser classificados de acordo com as seguintes características: Duração relativa do intervalo QT e do segmento ST; direção e sentido do vetor QRS; constância da polaridade da onda T (labilidade).

3.6.3.2 Ritmos fisiológicos

O ritmo e a FC são controlados pelo nodo SA, sendo então o ritmo cardíaco normal denominado de ritmo sinusal normal (RSN) ou ritmo Sinoatrial.

3.6.3.2.1 Ritmo Sinusal Normal e Frequência cardíaca

Um RSN caracteriza-se pela presença de: ondas P e complexos QRS monomórficas (igual morfologia), uma onda P para cada QRS e um complexo QRS para cada onda P com a presença de intervalos PR constantes, intervalo RR regulares a um ritmo que varia dentro dos parâmetros normais da espécie, dependendo do tónus simpático (Richig & Sleeper, 2014). A

FC corresponde ao número de batimentos cardíacos ou complexos por minuto. Por batimento cardíaco, entende-se um ciclo de contração da musculatura cardíaca. Em condições fisiológicas e sob anestesia, a frequência cardíaca depende e é, determinada primeiramente pela atividade vagal cardíaca (Picker, Scheeren, & Arndt, 2001). Ademais das alterações da FC com a frequência respiratória e que são vagalmente mediadas, a FC também sofre flutuações derivadas das alterações da pressão arterial como resultado da ativação do reflexo simpático (Picker et al., 2001).

Nos canídeos os valores normais de referência para da espécie são definidos consoante o porte, raça e a idade do animal. Raças grandes podem apresentar um intervalo médio de 60 a 140 bpm, ao passo que, raças pequenas elevam este intervalo para valores que podem ir até aos 180 bpm. Raças braquicéfalas tendem a ter maiores índice vaso-vagal e - logo menor FC, do que aquelas não-braquicéfalas, relacionado com o maior esforço inspiratório secundário à conformação craniana, (Ferasin et al., 2010). Animais adultos registam a média de 70 a 160 bpm enquanto que nos jovens é comum uma FC que pode ir até os 220 bpm. Apesar destas evidências, o estudo de Ferasin et al., 2010 defende que a relação peso vivo (PV) e FC, não deve ser considerada para o diagnóstico de desvios ao intervalo normal da FC. Nos felídeos, estas influências não são tão descritas pelo que em média a espécie regista uma FC normal de 120-240 bpm (Macintire, Drobatz, Haskins, & Saxon, 2012).

Os cavalos têm habitualmente FCs em intervalos que vão de 24 a 50 bpm em repouso. Nesta espécie, e devido ao seu elevado tónus vagal, existe uma maior incidência de disrítmicas em repouso, quando comparado com outras espécies domésticas. Pequenas variações no intervalos RR são consideradas normais desde que, até um máximo de 8-20% de ocorrência (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon, 2010)

Em canídeos, a FC média esperada em animais sadios e conscientes é de cerca 327 bpm (Pratt, 1938b). Por sua vez indivíduos submetidos a anestesia geral registaram a média de 312 ± 42 bpm (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986).

Em todas as espécies, indivíduos atletas apresentam, para o mesmo estado de exercício, uma FC inferior àquela verificada em indivíduos sedentários. Tal evidência prender-se-á com o facto da atividade cardíaca modular a atividade do nodo SA, diminuindo a FC média, e aumentando a variabilidade da FC - oscilações da rítmicas de alta e baixa frequência do intervalo RR (Cavalcanti, 2012; Schwarzwald, 2018). A FC está também, muito dependente da idade dos indivíduos, em todas as espécies (Larry Patrick Tilley & Burtinick, 2009).

3.6.3.2.2 Bradicardia Sinusal

A um ritmo sinusal lento, é chamado de bradicardia sinusal. Ocorre por aumento do tónus vagal, normalmente por influência extracardíaca. Fisiologicamente pode ocorrer associado ao sono ou ao efeito de determinadas drogas (ex. opióides) (Richig & Sleeper, 2014).

Nos canídeos e felídeos, ritmos inferiores a 60 - 70 por minuto e 120 bpm respetivamente, são considerados bradicardia sinusal. (Macintire et al., 2012) Assim como ritmos inferiores a 24 bpm nos equídeos (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010). Nos cavídeos uma FC baixa pode alcançar os valores mínimos de 232 bpm (Pratt, 1938b).

3.6.3.2.3 Taquicardia Sinusal

Corresponde a um ritmo regular em que os achados registados são idênticos aos encontrados no RSN, excetuando a FC. Um ritmo sinusal acelerado resulta de um aumento do tónus simpático que em condições fisiológicas está relacionado com ansiedade ou stress. Estes casos não são por isso acompanhados de sintomatologia clínica, nem ocorrem normalmente como achados isolados (Richig & Sleeper, 2014). Nos canídeos estes valores ocorrem para FCs superiores a 180 bpm. Os felídeos particularmente quando nervosos, apresentam muitas vezes uma alta FC em repouso, podendo vulgarmente exceder as 200bpm (Côté et al., 2011). Nos equídeos é considerada de taquicardia sinusal, valores de FC superiores a 50 bpm em repouso, e 220 a 240 bpm alcançados em exercício. Sob estimulação simpática ocorre o aumento da FC, que permite aumentar a quantidade de sangue fornecida aos músculos durante o exercício (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon, 2010). Nos cavídeos o ritmo normal chegar a um máximo de 384 bpm sob anestesia ou 381 bpm se acordados, sendo valores superiores correspondentes a taquicardia (Botelho et al., 2016).

3.6.3.2.4 Outras alterações fisiológicas ao ritmo sinusal normal

A *Arritmia Respiratória Fisiológica* é considerada uma arritmia no que sentido em que é uma variação ao ritmo regularmente regular das contrações cardíacas. É considerado um achado normal e comum no cão, patológico no gato (Martin, 2015). Manifesta-se por um batimento cardíaco regularmente irregular, com sucessivas contrações de baixa frequência, precedidas de contrações de alta frequência. Está intrinsecamente relacionado com a inervação autónoma

do SN, mais concretamente prendendo-se com o aumento da atividade vagal parassimpática no nodo SA (Martin, 2015). Segundo um estudo Gilmour, 2005, a arritmia sinusal respiratória seria mesmo abolida no caso experimental da deservação autonómica com subida da FC. Ademais disto, de referir que a anestesia com Isoflurano causa uma diminuição marcada no nível de arritmia respiratória (Pomfrett, Sneyd, Barrie, & Healy, 1994)

Nos cavalos, devido ao alto tônus vagal é considerada normal, a presença de algumas arritmias (arritmia fisiológica) que devem ser, contudo, distinguidas das arritmias de origem patológica. (Van Loon, G.; Patteson, 2010) Dentro destas, é comum a presença de bradicardia sinusal, bloqueio sinusal, arritmia sinusal e bloqueios AV de 1º e 2º grau e taquicardia sinusal em equinos saudáveis e em repouso (Kaese et al., 2013). A persistência destas anomalias durante o exercício, deverá contudo ser encarada como sinal de doença cardíaca (Triguinho, 2011)

3.6.3.3 EEM - Eixo Elétrico Médio

O eixo elétrico de um músculo, pode ser entendido como “a linha ao longo do qual se desenvolve a maior força eletromotriz num determinado instante, enquanto o músculo inicia ou recupera de um processo excitatório” (Holmes & Alps, 1967, tradução livre). É portanto dependente do grau de desenvolvimento muscular.

Pode ser encontrado um EEM para qualquer uma das ondas que fazem parte do ciclo cardíaco, sendo representadas como $\hat{A} - \hat{AP}$, \hat{AQRS} e \hat{AT} (Holmes & Alps, 1967). Neste estudo, foi apenas avaliado o EEM de despolarização ventricular \hat{AQRS} , sendo que neste trabalho e daqui em diante, se considerará EEM como sinónimo de \hat{AQRS} determinado no plano frontal, a menos que o expresse o contrário.

O EEM representa então a média dos potenciais de ação que atravessam os ventrículos (eixo médio de QRS), no plano frontal isto é dizer, para onde o vetor do complexo QRS está predominantemente orientado e é representado no sistema de derivações hexaxial (Gabay, 2001; Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018).

A definição do EEM ajuda ainda a interpretar a amplitude das ondas registadas numa derivação. E guia a escolha de uma nova derivação que permita, de melhor forma, analisar ondas com baixa amplitude ou ausentes numa determinada derivação (Matic, 1990).

Segundo (Gabay, 2001; Hemsley, 2017) estão presentemente descritos três métodos de cálculo do EEM:

- Isoelétrico e Perpendicular:

O EEM é obtido pela definição da derivação perpendicular à derivação mais isoeletrica. Das duas hipóteses existentes, com polaridades opostas, o EEM, encontra-se no sentido que apresenta polaridade igual à derivação correspondente, determinada no ECG. Na presença de duas derivações isoeletricas, qualquer uma das duas poderá ser usada para definição do EEM, ou em alternativa, poderá reconhecer-se um EEM equidistante dos dois obtidos.

- Menor deflexão:

No caso de haver um derivação isoeletrica, poder-se-á optar pela definição da derivação cujos complexos apresentam uma menor amplitude. Da mesma forma, que no método anterior, o EEM encontrar-se-á na derivação perpendicular a esta, e no sentido de igual polaridade à derivação em causa. A este eixo deve somar-se ou subtrair-se 15° em relação à derivação de menor amplitude, no caso da desta derivação ser respetivamente positiva ou negativa.

- Maior deflexão:

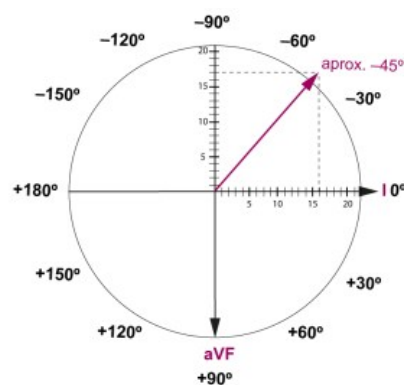
O EEM apresenta a mesma orientação, daquela dada pelo elétrodo positivo da derivação com maior deflexão de R.

- Orientação vetorial:

O EEM é determinado através da projeção da amplitude total (somatório das deflexões positivas e negativas) de QRS de duas derivações perpendiculares entre si (DI e aVF; DII e aVL e DIII e aVR) num sistema de eixos cartesianos. A intersecção dos dois valores permite o vector igual ao eixo elétrico, de forma igual à representada na Figura 26.

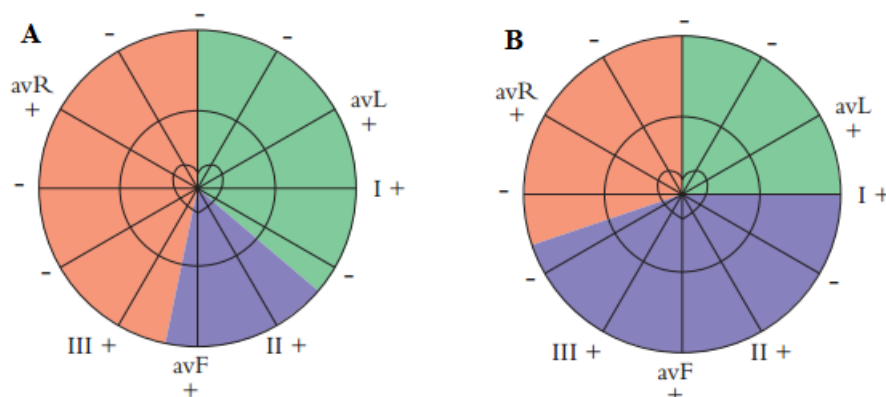
Uma forma rápida e aproximada de estimar a orientação do EEM, é verificar as polaridades das derivações I e aVF. I+ remete para os dois quadrantes direitos, e I- para os dois esquerdos. aVF+ remete para os dois quadrantes inferiores e aVF-, os dois superiores (Tilley & Smith Jr., 2016).

Figura 26 Determinação do eixo cardíaco pelo método de orientação vectorial.Fonte: <http://angomed.com/electrofisiologi-a-basica/eixo-cardiaco/>



Categoria A - Como referido, e devido às características dos padrões de ativação ventricular, nos animais de categoria A, o EEM encontra-se dirigido caudalmente (uma vez que a energia percorre o coração no sentido do ápex). Devido ao facto do ventrículo esquerdo possuir maior massa muscular relativamente ao direito, o EEM predominante em indivíduos saudáveis, aponta ligeiramente à esquerda (Cote, 2010). O ângulo de inclinação normal do eixo elétrico de QRS, em cão e gato, estão representados na Figura 27. O EEM do plano frontal encontrado nos canídeos saudáveis está compreendido entre os $+40^\circ$ e os $+100^\circ$. Nos felídeos este intervalo vê-se ampliado à esquerda e à direita, no intervalo de 0° a $+160^\circ$ (Larry P. Tilley, 1992). Num estudo realizado em gatos (Rogers & Bishop, 1971), cerca de 77% dos indivíduos avaliados, teve um EEM localizado no intervalos 30 a 110° .

Figura 27 EEM no plano frontal no cão – A, e no gato – B. EEM normal (roxo) compreendido entre os $+40^\circ$ e $+100^\circ$ em cães, e entre os 0° e os $+160^\circ$ em gatos. Desvio do eixo à direita (vermelho) e desvio de eixo à esquerda (verde) (Tilley & Simyh Jr., 2016).



Como verificado existe em felídeos, uma maior variação do EEM no plano frontal. A justificação para este amplo intervalo não é consensual entre autores. Côté et al., (2011) menciona a inconsistência em atingir-se o correto posicionamento dos membros nos indivíduos desta espécie. Rogers & Bishop (1971) referem que a grande diferença de EEMs existente entre indivíduos, pode ser explicada com a maior variabilidade da posição do coração dentro da cavidade torácica nesta espécie, em relação à existente nos canídeos. Por outro lado Hamlin & Smith (1965) contrapõem estas hipóteses, uma vez que qualquer uma delas resultaria na alteração de ÂP dos felídeos em relação às outras espécies. Algo que segundo os autores, não se verifica. Assumem por isso, que a maior variabilidade do EEM nos felídeos se deve acima de tudo a uma maior variabilidade individual nesta espécie. Em relação aos canídeos, a discrepância entre os EEM inter-individuais é menor ainda que, exista. Isto porque segundo Gugjoo, Hoque, Saxena, & Sham-Suz Z (2014) o formato do tórax, por vezes variável entre raças de canídeos, influencia indiretamente o EEM. De forma geral raças de peito estreito (Collie, Poodle Francês e o Pastor Alemão) têm eixos mais horizontais do que as

raças de peito largo (Cocker Spaniel e Boxer). A orientação do coração dentro da cavidade torácica influencia mais a atividade elétrica registrada à superfície, do que a conformação do tórax (Arteeva, Roshchevskaya, Vityazev, Shmakov, & Roshchevskii, 2005).

A orientação do EEM predominantemente caudal e esquerda encontrada em indivíduos saudáveis, permite explicar a razão pela qual a derivação II é a derivação mais usada na avaliação eletrocardiográfica com recurso ao sistema de seis derivações, em pequenos animais. A posição do e+ coincide com a orientação média das ondas de despolarização ventricular, e por isso a presença de complexos maiores e de mais fácil leitura (Cote, 2010; Holmes & Alps, 1967).

Nos pequenos animais, o EEM tem um relativo valor diagnóstico das alterações da morfologia cardíaca. O aumento da massa muscular, produz alteração nas amplitudes (e duração) da maior deflexão de QRS nas diferentes derivações e dessa forma alteração ao intervalo de normalidade do eixo elétrico, denominado de *desvios de eixo*. Apesar da relativa especificidade desta ferramenta para as alterações do volume cardíaco, a sensibilidade é relativamente pequena (Van Loon, G.; Patteson, 2010).

O EEM em cavídeos posicionados em decúbito dorsal, foi estabelecida em $+33 \pm 25^\circ$, estando este valor também ele, altamente relacionado com a posição do coração (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986)

Categoria B - A definição do EEM no plano frontal, não foi tão consensual entre os diferentes autores consultados. Autores defendem que as forças médias estão orientadas cranial e dorsalmente como já referido (Darke & Holmes, 1969; Muylle & Oyaert, 2010; Richig & Sleeper, 2014; Van Loon, G.; Patteson, 2010). Nos estudos de Holmes e Alps (1967) e Hamlin e Smith, (1965) é defendido a existência de um EEM maioritariamente orientado caudalmente, com a maioria dos animais a situar-se no intervalo 0° a $+90^\circ$, ainda que o intervalo de EEMs registado tenha sido tão variável como o intervalo de -90° a $+110^\circ$ (Matic, 1990) (Figura 28).

Figura 28 Vetor cardíaco médio nas duas categorias de animais mamíferos A e B., segundo Richig e Sleeper, (2014)



O EEM no plano frontal tem um valor muito limitado nesta espécie, uma vez que a atividade elétrica registada à superfície praticamente não traduz a despolarização das paredes livres ventriculares. Sendo esta a razão pela qual o ECG dos equinos não é utilizado para avaliar a morfologia cardíaca (Van Loon, G.; Patteson, 2010). Também no estudo de Nakamura, Too, & Matsuhashi (1955), conduzido em equídeos, se verificou que as variações da morfologia da maior deflexão de QRS, foram função da orientação do coração, e portanto do seu eixo elétrico.

Um eixo elétrico indeterminado, ocorre nos ECGs em que o complexo QRS é isodifásico (ou isoeletrico) em todas as derivações no plano frontal. Isto ocorre porque o eixo elétrico está fora do plano frontal. Verifica-se por isso mais comumente nos corações orientados verticalmente em relação à coluna vertebral, dada a relação perpendicular do eixo maior cardíaco com os planos definidos pelos elétrodos nas derivações periféricas (Hemsley, 2017). Nestes casos, pode proceder-se ao cálculo do eixo das ondas R e de um eixo para as onda S e definir a partir deste, um EEM (Uribe, Duque, & Medina, 2008).

3.6.4 Interferências ao traçado

Para a obtenção de um traçado sem artefactos, é necessário certificar-se da estabilidade do aparelho, e a colocação correta dos elétrodos devidamente limpos, na posição convencionalmente definida. Apenas através do uso de álcool isopropil a 70% ou gel condutor na região de aplicação dos elétrodos, é possível diminuir a resistência elétrica da pele e garantir assim um bom contacto (Hemsley, 2017). Deve-se evitar que a região esteja molhada com água. As pinças não devem tocar umas nas outras, uma vez que poderá dar origem a “ruído elétrico”, nem com as mão do técnico. Os indivíduos devem estar corretamente posicionados, com os membros estendidos paralelos entre si e perpendiculares ao corpo (Hemsley, 2017). É aconselhável a realização do exame numa ambiente calmo, de forma a garantir o conforto do paciente e evitar a existência de artefactos de tremor (W. A. Ware, 2014).

4 Estudo intra e interespecífico de padronização de traçados eletrocardiográficos de animais sem doença cardíaca diagnosticada.

4.1 Objetivos e população de estudo

Como objetivo geral do estudo, pretendeu-se realizar um estudo minucioso dos traçados eletrocardiográficos de animais de diferentes espécies, que fossem saudáveis do ponto de vista cardiovascular.

Os objetivos específicos deste estudo incluíram: a descrição exaustiva dos traçados eletrocardiográficos individuais recolhidos de indivíduos pertencentes a quatro grupos de espécies distintas – canídeos, felídeos, equídeos e cavídeos - nas seis derivações periféricas no plano frontal; a padronização dos traçados eletrocardiográficos obtidos, mediante a elaboração de um traçado médio espécie-específico; a comparação dos parâmetros eletrocardiográficos entre as diferentes espécies, com destaque às suas diferenças e semelhanças e, por forma a proceder a uma avaliação da variabilidade interespecífica; a avaliação dos parâmetros de maior influência na variabilidade inter-espécie, em cada uma das derivações analisadas, em conjunto se possível, com a caracterização de cada uma das derivações e a determinação da variabilidade inter-individual intraespecífica dos elementos da amostra mediante a elaboração da sobreposição dos traçados individuais avaliados.

No que refere aos canídeos, felídeos e cavídeos, os traçados foram obtidos, de pacientes submetidos a cirurgia no IVP. No caso dos equídeos, foram avaliados os cavalos residentes da FML-UL. Os exames foram recolhidos durante o período de estágio referido e obtidos sobre a forma de impressão em papel.

4.2 Critérios de inclusão e exclusão

Nos animais disponíveis, foram avaliados aqueles: indivíduos de espécie canina, felina e os cavídeos sem restrição de raça, porte, idade, género e estado reprodutivo, submetidos a anestesia geral mantida com o anestésico volátil Isoflurano; indivíduos da espécie equina, sem restrição de raça, porte, idade, género e estado reprodutivo, em perfeito estado de consciência; animais sem história de doença cardíaca ou outra e com exame físico normal, particularmente do sistema cardiovascular.

Foram excluídos os indivíduos que não respeitassem os requisitos supracitados e aqueles com doença cardíaca ou patologia sistémica diagnosticada que pudesse alterar os parâmetros

cardíacos. Foram também excluídos os eletrocardiogramas: que apresentassem desvios de eixo (com base nos valores de referência da espécie); com alterações do ritmo que não fossem justificadas pelos efeitos secundários inerentes aos fármacos usados; com alteração explícita dos parâmetros eletrocardiográficos e/ou com presença de artefactos que pudessem tornar dúbia a correta leitura dos complexos.

4.3 Materiais e métodos

Os pequenos animais utilizados neste estudo foram sujeitos a um protocolo anestésico seguido na generalidade das cirurgias conduzidas no IVP. A indução anestésica foi conseguida com o agente IV barbitúrico de ação rápida Tiopental nos canídeos. Nos felídeos e cavídeos, o agente indutor utilizado foi a associação IM de Quetamina-Dexmedetomidina. Estes animais foram submetidos a anestesia volátil com Isoflurano, após entubação (canídeos) ou com recurso a máscara oro-nasal (felídeos e cavídeos). Os indivíduos foram mantidos durante os procedimentos, a concentrações médias variáveis, dependendo do plano cirúrgico requerido e da resposta fisiológica dos seus sinais vitais. Todos os animais submetidos a anestesia geral foram avaliados em decúbito direito. A execução dos exames foi efetuada aquando do término da cirurgia a que foram submetidos, altura em que se encontravam ainda sob os efeitos do agente anestésico volátil, Isoflurano. Optou-se pelo momento cirúrgico para a obtenção dos traçados eletrocardiográficos, devido ao elevado número de animais intervencionados no IVP, associado ao facto de parte dos gatos conscientes, tolerar menos bem a colocação dos elétrodos. No caso dos equídeos, o exame eletrocardiográfico foi conduzido sem o recurso qualquer tipo de fármaco anestésico ou tranquilizante. Foram contudo sujeitos a restrição física numa manga de forma a garantir a segurança durante a realização do exame. A estação foi portanto, o posicionamento usado no caso dos equídeos.

Todos os exames ECG foram efectuados com um mesmo aparelho eletrocardiógrafo monocanal EDAN Veterinary Electrocardiograph® VE-100 cedido pelo IVP, tendo sido transferido às instalações da FMV-UL, aquando das avaliações cardíacas aos equinos.

O eletrocardiógrafo foi calibrado na velocidade *standard* de papel de 25 mm/s, utilizado em todas as espécies. No caso dos canídeos e equídeos, foi usada uma sensibilidade ajustada para 1mV igual a deflexão de 1cm (10mm/mV). Para os felídeos foi adotado a sensibilidade de 20 mm/mV. A abordagem utilizada pelo método de Einthoven, implicou a colocação das pinças de crocodilo metálicas na superfície do corpo segundo as regras internacionais com o posicionamento do elétrodo vermelho na axila direita, o elétrodo preto na virilha direita, o elétrodo amarelo na axila esquerda e o verde na virilha esquerda. Este posicionamento foi

usada de igual forma, em todas as espécies avaliadas. Utilizou-se álcool ou gel condutor de forma a aumentar a condutividade do sinal elétrico. Não foi no entanto, em nenhum caso, efectuada tricotomia. Para roedores, a realização mais correcta do exame implicaria um método invasivo, com a aplicação de eléctrodos de agulha, após tricotomia (Lester, P.; Moore, R.; Shuster, K.; Myers, 2012). Tais requisitos não puderam contudo, ser cumpridos.

4.3.1 Medições eletrocardiográficas

De cada um dos indivíduos avaliados foi recolhido um traçado eletrocardiográfico, com o registo conduzido em tempos consecutivos e de duração aproximada de 3 segundos. Apartir destes, foram analisados todos os ciclos cardíacos possíveis de ser mensurados, (isto é dizer, sem artefactos que pudessem intervir na sua correcta interpretação) em cada uma das seis derivações standard (I, II, III, aVR, aVL e aVF) no plano frontal. Em cada ciclo cardíaco foram registados, quando existentes, os valores referentes aos seguintes parâmetros: (1) quantitativos - duração e amplitude de P, QRS e T; duração dos intervalos PR, QT, PP, RR e so ciclo P-QRS-T e, a amplitude individual das deflexões integrantes do complexo QRS e ST; (2) qualitativos - morfologia de P, QRS e T. Foram ainda registadas variações às morfologias dos complexos nos casos em que estas se verificassem, desde que espectáveis em indivíduos saudáveis. Para cada um dos exames electorardiográficos efectuados, foi também determinada a FC média e foi calculado o EEM no plano frontal, com recurso ao método “isoelectrico e perpendicular”. A duração expressa-se em segundos, e tendo em conta a velocidade do papel utilizada em todos os exames – 25 mm/s, a menor unidade (1 mm) corresponde a 0.04 s e a maior (5 mm) corresponde a 0.2 s. As leituras dos traçados, foram sempre feitas em duplicado e pela mesma pessoa.

A medição dos parâmetros citados, foi feita de acordo com as regras já descritas na revisão bibliográfica. Importa contudo referir alguns pontos particulares:

a) No cálculo da FC, no caso de ritmos sinusais, foi utilizada a fórmula $1500/RR$ (em que, a RR corresponde o número de quadrados pequenos existentes entre duas ondas R consecutivas), aplicado à totalidade dos intervalos existentes e para todas as derivações avaliadas. Apartir destes valores foi obtida uma média individual. Foi medida a duração de cada um dos segmentos de interesse em pelo menos duas derivações diferentes, e obtida a média aritmética dos segmentos correspondentes no caso de uma FC estável, ao longo de todo o exame. Isto foi assente no pressuposto que para ritmos sinusais estáveis, a duração não é significativamente diferente entre as diferentes derivações (Rogers & Bishop, 1971). As duas

derivações, foram selecionadas a partir dos traçados que apresentassem menos artefactos e cuja leitura fosse mais imediata;

b) No cálculo do EEM pelo método “Isoelétrico e perpendicular”, este eixo é obtido pela definição da derivação perpendicular à derivação mais isoeletrica (deflexões positivas e negativas de QRS, com o mesmo valor modular, ou de valor mais aproximado). Das duas hipóteses existentes, com polaridades opostas, o EEM encontra-se no sentido que apresenta polaridade igual à derivação correspondente, determinada no ECG. Na presença de duas derivações isoeletricas, qualquer uma das duas poderá ser usada para definição do EEM, ou em alternativa, poderá reconhecer-se um EEM equidistante dos dois obtidos.

c) No caso particular das ondas cuja largura fosse de difícil medição, pela dificuldade em reconhecer os limites das mesmas, foi aplicado o “método tangencial”, que é o método mais aconselhável para a medição manual e com maior exatidão dos traçados, efetuados um leitor inexperiente (Postema, De Jong, Van der Bilt & Wilde, 2008). É o caso em especial da onda T, cuja duração é muitas vezes difícil de definir;

d) A amplitude das ondas bifásicas ou trifásicas (complexo QRS), foi obtida pelo somatório do módulo das duas maiores deflexões de polaridade oposta. Ao contrário, na medição das amplitudes das ondas individuais e integrantes do complexo QRS, foi considerada a sua polaridade (positividade ou negatividade).

e) Nas ondas bífidas, foi apenas medida a amplitude do maior pico.

Não existem limites exatos estabelecidos para a qualificação de uma onda como pequena ou grande (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018). Por isso, e de forma a fazer-se uma avaliação qualitativa das ondas integrantes do complexo de despolarização ventricular, foi elaborado um diagrama (Anexo I). Este diagrama teve por objetivo, estabelecer uma classificação mais objetiva das múltiplas morfologias encontradas, bem como permitir a comparação entre espécies e, dentro da mesma espécie, entre derivações diferentes. Os procedimentos encontram-se descritos em anexo.

4.3.2 Análise Estatística

Todos os dados foram inseridos numa base de dados do MSOffice Excel®. Para a análise descritiva e elaboração dos traçados padrão foi utilizado o software Rcran®. O software Latentix® foi utilizado para Análise de Componentes Principais (ACP).

A ACP foi uma metodologia aplicada, dado a capacidade desta forma de análise multidimensional reduzir o grande número de variáveis iniciais existentes neste estudo, mantendo, contudo, a variabilidade dos dados. Permite, pois, investigar similaridades e diferenças inter-espécie e inter-derivação, determinadas a partir do padrão dos traçados como um todo e que, seriam difíceis de identificar apenas com base nos resultados obtidos da aplicação de testes de hipóteses entre duas variáveis individuais de diferentes espécies. Para além disso, a ACP examina correlações as variáveis originais após uma transformação linear. Para a ACP, foi elaborada uma tabela com os coeficientes gerados para cada variável original, resultantes de um mapa percentual bidimensional, composto neste estudo pelas duas primeiras componentes principais. As componentes principais permitem explicar a variabilidade percentual existente, que é explicada pelas variáveis originais. O primeiro componente principal é aquele responsável pela maior variabilidade dos dados. Os mapas idealizados são apresentados por dois eixos cartesianos. À esquerda “*ACP Scores*” onde são redistribuídos a nuvem de dados segundo as duas primeiras CP’s. À direita “*ACP Loadings*” onde estão representadas as variáveis de estudo, de acordo com a sua influência na variabilidade dos dados. Em *scores*, os indivíduos são identificados pela numeração correspondente (ex: #1) (anexo). Em *loadings* a variável é identificada pelo nome da derivação e o nome do parâmetro (ex: I-P, onde P na derivação I)². Quanto mais próximo estiver um conjunto de indivíduos (*score*) da posição relativa de uma variável (*loading*), maior o valor que estes indivíduos apresentam para a variável em questão. Da mesma forma, quanto mais afastados estiverem, menor será esse valor. Isto aplica-se no caso de parâmetros positivos (ex: I-T simples positiva). No caso de indivíduos para os quais este mesmo parâmetro apresente a polaridade inversa, o inverso ocorre. Tanto mais afastado estará o indivíduo da posição relativa da variável, quanto maior for o seu valor (mais negativo) e vice-versa.

² Muito importante denotar que na análise ACP, com finalidade de simplificar a leitura dos gráficos, é chamada de onda Q à primeira deflexão antes da maior deflexão de QRS, onda R à maior deflexão de QRS e onda S à primeira deflexão após a maior deflexão de QRS, independentemente da polaridade e polaridade das ondas – ao contrário do que a nomenclatura de QRS exige.

4.4 Resultados

Para o presente estudo foram detalhadamente analisados e mensurados os exames eletrocardiográficos de um total de 57 animais. Deste número, 25 correspondiam a canídeos, 21 a felídeos, 9 a equídeos e 2 a roedores. Na totalidade dos animais, a representação de géneros foi muito aproximada (50.1% machos e 49% fêmeas).

Os cavídeos foram a única espécie representada unicamente por indivíduos do sexo masculino. Os equídeos analisados foram indivíduos de uma única raça, Puro-Sangue Lusitano (PSL). Restantes espécies, foram analisados aleatoriamente indivíduos de diferentes raças.

Nesta amostra populacional, a média de idades de cães e gatos foi semelhante, cerca de 8 anos ($\pm 4,3$ anos para cães e $\pm 5,5$ anos para gatos). Foi avaliado um largo espectro de idades diferentes, com as idades extremas muito semelhantes para canídeos. No caso dos equídeos, o intervalo de idades analisadas foi consideravelmente menor (9 anos aos 22 anos), justificando-se isto, na baixa disponibilidade de animais existentes e na incapacidade de se assegurar medidas de segurança necessárias a um exame eletrocardiográfico em poldros. 7 meses foi a idade aproximada de um dos dois roedores avaliados, sendo desconhecida a idade do outro indivíduo.

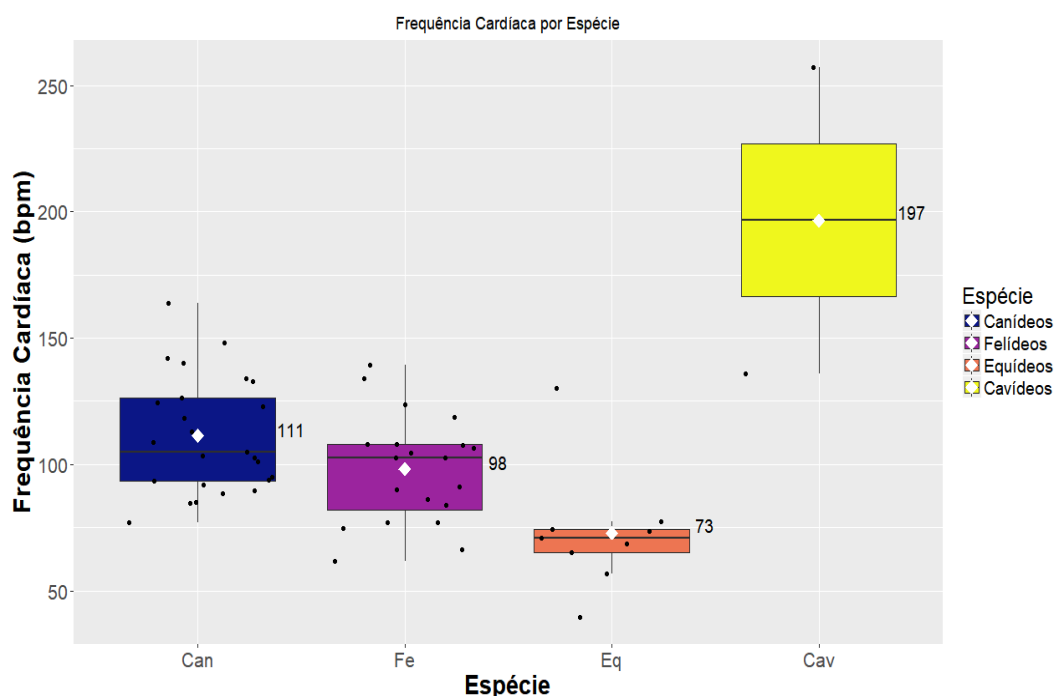
Na amostra existente, em média, as fêmeas contribuíram para o maior intervalo de pesos em canídeos e equídeos. Nesta última espécie, o peso foi muito aproximado entre os dois géneros. Nos felídeos, os machos apresentaram praticamente o dobro do peso das fêmeas.

4.4.1 Frequência cardíaca

Os valores da FC obtidos nos indivíduos em estudo, são apresentados na Figura 29.

Os canídeos foram a segunda espécie com maior valor médio de FC (111 bpm), seguindo-se felinos (98 bpm) e equinos (73 bpm). Entre todas as espécies analisadas, os cavídeos apresentaram os maiores valores registados de FC (197 bpm). A dispersão de valores obtidos da FC foi grande, nos pequenos animais. 50% dos canídeos apresentou valores de FC no intervalo de 93 a 126 bpm, ao passo que nos felídeos o intervalo foi de 82 a 107 bpm e nos equídeos foi de 65 a 74 bpm. Todas as espécies apresentaram valores extremos.

Figura 29 Diagrama de caixa para a FC, nas espécies em estudo. Valor apresentado correspondente ao valor médio da espécie, em bpm.



4.4.2 Duração de ondas

Caracterização da duração dos parâmetros eletrocardiográficos e comparação interespecífica

Os valores das durações dos parâmetros eletrocardiográficos em estudo, encontram-se expostos nas Tabela 2 e Tabela 3. Em todos parâmetros avaliados, os equídeos foram a espécie que registou maiores valores de duração, à exceção da onda T, que foi maior nos felinos. Ao contrário, os menores valores médios registados foram nos cavídeos em todas as ondas à exceção uma vez mais da onda T, que foi menor nos canídeos. Nos carnívoros domésticos, a onda P teve valores médios aproximados, e foi a onda com os valores mais estáveis entre indivíduos da mesma espécie, particularmente nos felídeos. O valor de P variou aproximadamente entre 40 a 50% do valor do intervalo PR em toda a amostra. A duração média do complexo QRS foi relativamente semelhante entre os carnívoros domésticos. A duração do complexo QRS variou entre 18 a 23% do valor do intervalo QT, em todas as espécies. Os felídeos foram de todas as espécies, aquela que apresentou os valores de ST mais variáveis. A onda T teve duração médias semelhantes em ambos equídeos e cavídeos. Os equídeos foram a espécie com maior duração do ciclo cardíaco (P-QRS-T), seguido dos felídeos, canídeos e cavídeos. Os intervalos PP e RR foram muito aproximados nos canídeos e

cavídeos. Já o mesmo não se verificou particularmente nos equídeos, cujos valores variaram em cerca de 0,098 s.

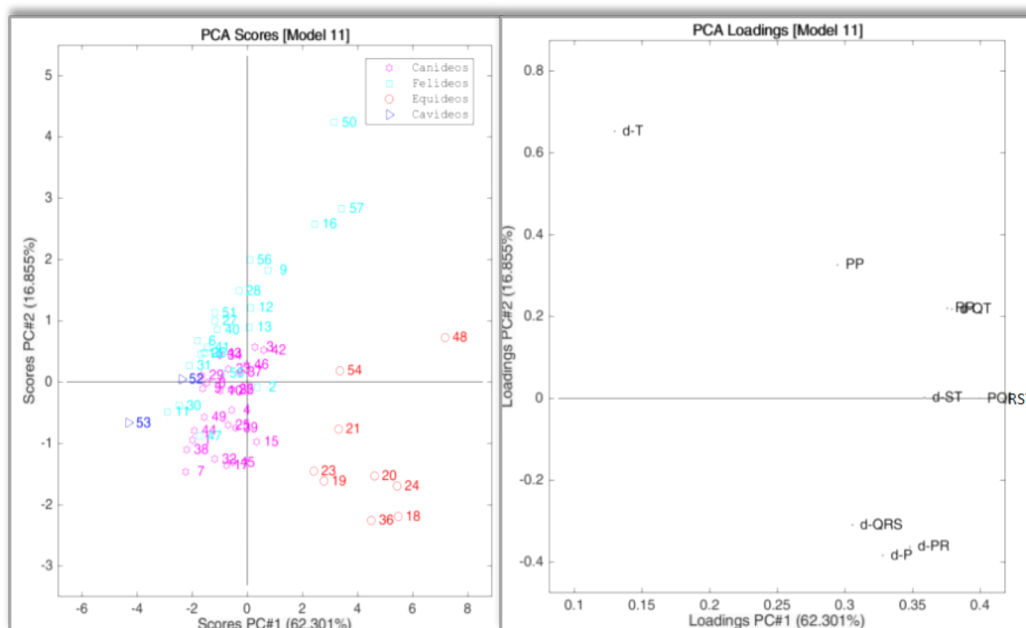
Tabela 2 e Tabela 3- Duração dos parâmetros eletrocardiográficos. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão da média dos valores da duração dos diferentes parâmetros, encontradas nas diferentes espécies.

Duração (s)	Onda P	Intervalo PR	Complexo QRS	Intervalo QT	Segmento ST	Onda T
Canídeos (N)	24	25	25	25	25	25
Min. / Máx.	0.038 / 0.059	0.067 / 0.139	0.043 / 0.076	0.2 / 0.321	0.054 / 0.199	0.04 / 0.115
Média ± DP	0.041 ± 0.004	0.094 ± 0.02	0.057 ± 0.008	0.241 ± 0.030	0.119 ± 0.0309	0.072 ± 0.02
Felídeos (N)	20	20	21	21	21	21
Min. / Máx.	0.034 / 0.042	0.077 / 0.122	0.04 / 0.072	0.163 / 0.46	0.036 / 0.259	0.043 / 0.208
Média ± DP	0.039 ± 0.002	0.093 ± 0.015	0.051 ± 0.007	0.273 ± 0.081	0.114 ± 0.053	0.113 ± 0.036
Equídeos (N)	9	9	9	9	9	9
Min. / Máx.	0.077 / 0.149	0.166 / 0.305	0.058 / 0.085	0.319 / 0.42	0.17 / 0.251	0.069 / 0.098
Média ± DP	0.095 ± 0.025	0.241 ± 0.047	0.074 ± 0.01	0.367 ± 0.04	0.205 ± 0.031	0.087 ± 0.011
Cavídeos (N)	2	2	2	2	2	2
Min. / Máx.	0.032 / 0.036	0.066 / 0.072	0.04 / 0.046	0.159 / 0.221	0.042 / 0.084	0.077 / 0.087
Média ± DP	0.034 ± 0.003	0.069 ± 0.004	0.043 ± 0.004	0.19 ± 0.044	0.063 ± 0.03	0.082 ± 0.007

Duração (s)	Intervalo RR	Intervalo PP	Intervalo PQRST
Canídeos (N)	24	23	24
Min. / Máx.	0.36 / 0.815	0.36 / 0.813	0.285 / 0.452
Média ± DP	0.567 ± 0.113	0.567 ± 0.113	0.349 ± 0.040
Felídeos (N)	20	19	20
Min. / Máx.	0.434 / 0.967	0.439 / 0.966	0.279 / 0.554
Média ± DP	0.644 ± 0.148	0.649 ± 0.150	0.363 ± 0.082
Equídeos (N)	9	9	9
Min. / Máx.	0.691 / 1.404	0.087 / 1.382	0.48 / 0.682
Média ± DP	0.895 ± 0.209	0.797 ± 0.334	0.566 ± 0.083
Cavídeos (N)	2	2	2
Min. / Máx.	0.233 / 0.44	0.234 / 0.441	0.213 / 0.288
Média ± DP	0.337 ± 0.146	0.338 ± 0.146	0.251 ± 0.053

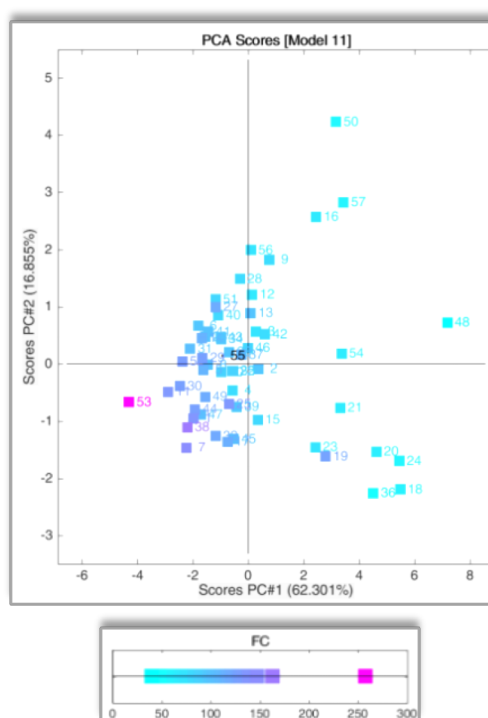
Na Figura 30, à esquerda em *ACP scores*, é visível a distribuição num espaço bidimensional dos diferentes indivíduos da amostra, coloridos por espécie. À direita em *ACP loadings*, tem-se a matriz que valoriza as diferentes variáveis pela sua influência nas primeiras duas componentes. Estas duas componentes apenas, explicam praticamente 80% da variabilidade existente na amostra, no que respeita à duração dos parâmetros eletrocardiográficos. O primeiro componente é influenciado principalmente pela duração ciclo cardíaco com um *loading* de 0,40, e seguidamente por ordem de menor impacto, a duração do intervalo QT (0,379), RR (0,376), ST (0,359). Desta forma, o CP1 permite diferenciar os indivíduos quanto aos intervalos entre ondas. Já o segundo componente permite diferenciá-los principalmente quanto à duração de ondas, tendo a duração da onda T a maior influência nesta componente (0,652). Não se verificaram correlações negativas entre as durações dos diferentes intervalos e ondas. Distinção evidente de dois grupos de animais bem individualizados, no que respeita à velocidade da progressão do potencial elétrico. Destacou-se, pois, o grupo dos equídeos, em relação aos carnívoros e roedores, em que os primeiros apresentaram maiores valores de duração de intervalos entre ondas (CP1). A variável que explica a diferença existente entre o grupo de canídeos e felídeos no que toca a duração dos eventos, é a maior duração da onda T nos felídeos, que apresenta a maior influência do segundo componente. Apesar disso, existiram vários indivíduos que partilharam os mesmos valores que os equinos. Com apenas dois indivíduos, os cavídeos não pareceram diferenciar-se muito dos carnívoros, fazem, no entanto, parte do conjunto de animais com menores valores de PQRST. O grupo dos canídeos é aquele que apresenta uma dispersão de dados mais homogênea.

Figura 30 Análise de componentes principais para duração dos parâmetros electrocardiográficos.



Na Figura 31, os mesmos dados em ACP scores, foram coloridos em função da FC. Foi possível ver um gradiente de cor bem definido, em que os maiores valores de FC posicionaram-se da esquerda para a direita da grelha. Precisamente no sentido inverso à posição relativa de da duração de RR, na CP1. Não houve alteração da coloração em relação à CP2, ou seja em relação à duração da onda T.

Figura 31 ACP da duração dos parâmetros eletrocardiográficos, colorido pela FC



A Figura 32 e Figura 33 foram elaboradas a partir da ACP anterior, mas destacam a influência dos parâmetros, por coloração dos dados amostrais, de acordo com os valores obtidos nesses mesmos parâmetros. Indo de encontro aos resultados já mencionados, os pequenos animais não se distinguiram no que refere à duração da onda P, mas dentro do grupo dos equídeos, existe alguma discrepância de valores entre indivíduos, no que refere à duração desta onda. Os indivíduos #18, #24 e #20 apresentaram os maiores resultados. O padrão da influência de PR é muito semelhante ao da onda P, destacando-se apenas por isso os maiores coeficientes deste intervalo nos equídeos, face aos registados em relação à onda P, e a maior heterogeneidade de PR valores encontrados entre o grupo dos carnívoros. A duração de QRS foi tendencialmente maior nos equídeos, no entanto existe alguma variação entre indivíduos da mesma espécie. Da mesma forma existiram canídeos que apresentaram valores aproximados a estes registados nos equídeos.

Foi possível identificar um gradiente de cores horizontal com o mesmo sentido em todos os parâmetros. No entanto, foi no segmento ST (Figura 33 – dir.) que este gradiente foi expressamente contrário à variação de FC.

Figura 32 ACP da duração dos parâmetros eletrocardiográficos, colorido pela duração das ondas P (esq.), QRS (meio) e T (dir.).

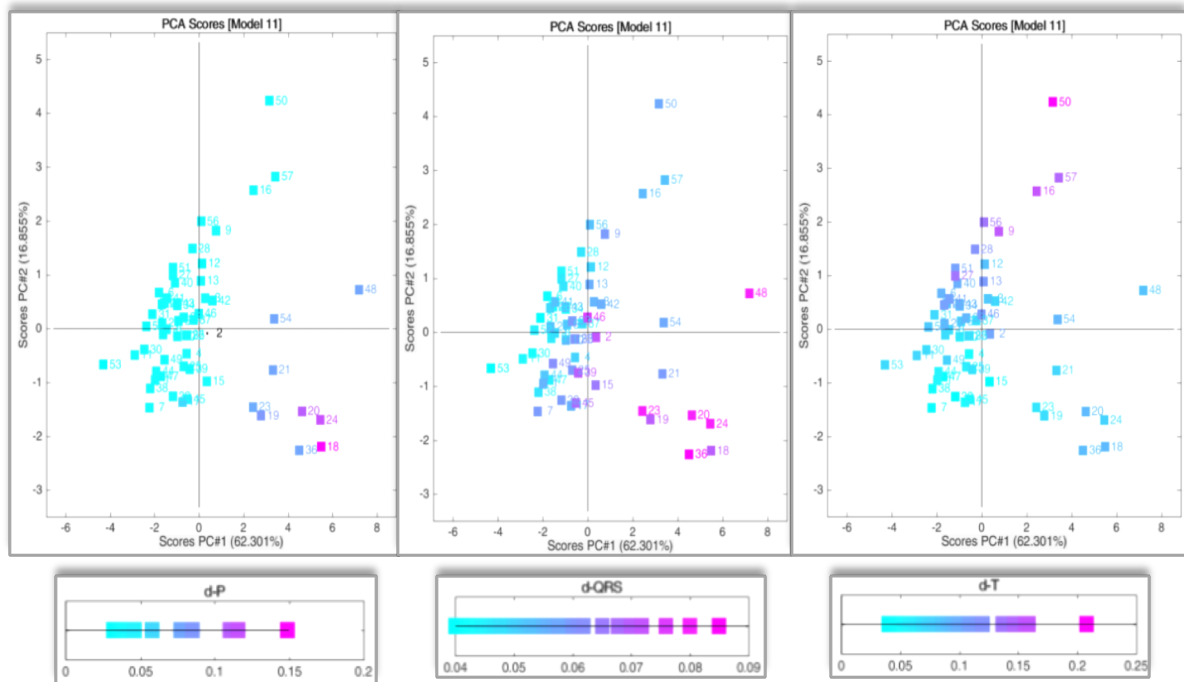
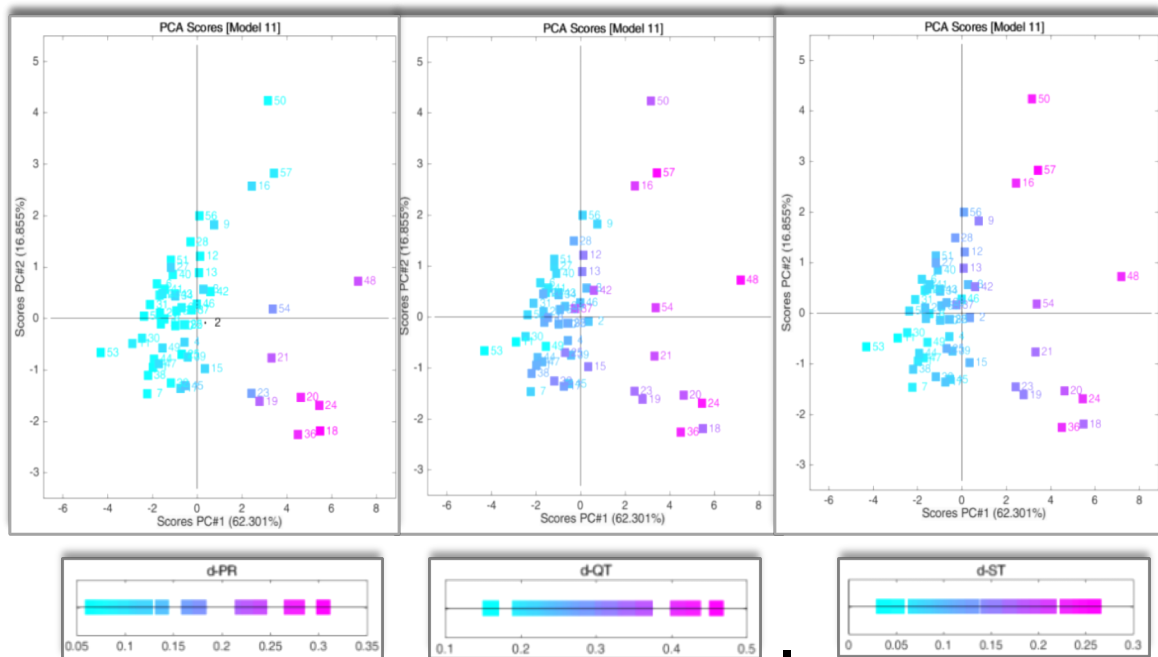
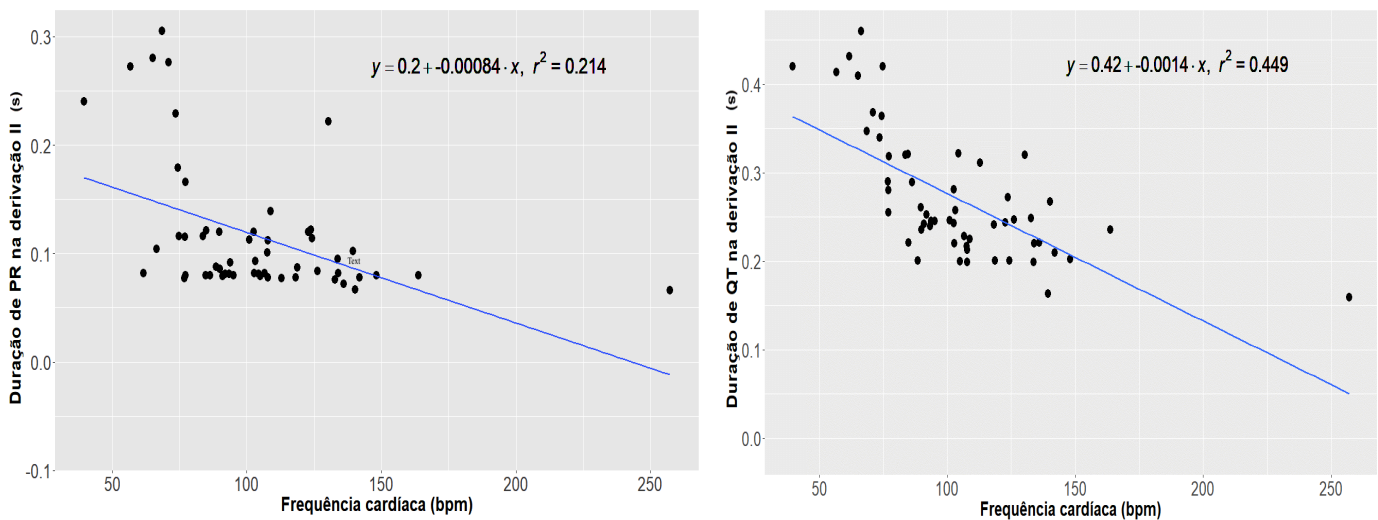


Figura 33 ACP da duração dos parâmetros eletrocardiográficos, colorido pela duração dos intervalos entre ondas PR (esq.), QT (meio) e o segmento ST (dir.).



Os gráficos de correlação da Figura 34, pretendem validar a relação de dependência existente entre a FC e os intervalos entre ondas, no conjunto de todas as espécies. Verificou-se uma associação positiva clara entre a duração da FC e o intervalo QT ($r^2=0,449$). Em menor esta correlação esteve presente entre a FC com PR ($r^2=0,214$). De igual forma maiores valores da duração de onda P tendem a ser acompanhados por maior duração do complexo QRS e do intervalo PR.

Figura 34 Correlação entre intervalos de onda e frequência cardíaca. Correlação entre a duração de PR e FC (esq.) e ST e FC (dir.), todas as espécies consideradas



4.4.3 Amplitudes de ondas – Caracterização

Numa primeira parte são apresentados os resultados correspondentes à caracterização quantitativa e qualitativa dos parâmetros eletrocardiográficos, por derivação nas diferentes espécies analisadas. A avaliação quantitativa é dada pelos valores médios e desvio-padrão da média, assim como os valores mínimos e máximos, em todas as espécies em estudo. Através dos resultados obtidos para a duração dos parâmetros eletrocardiográficos e os resultados obtidos para a amplitude de ondas em cada derivação, foi depois definido um traçado médio padrão em cada derivação, para cada espécie. Os dados qualitativos são descritivos dos achados obtidos relativamente às diferentes morfologias de ondas. Em particular referente à morfologia da onda P na do complexo QRS e da onda T. Em anexo, apresenta-se a descrição detalhadas das morfologias determinadas com base no diagrama elaborado. Nesta parte é feita uma análise da variabilidade intraespecífica dos traçados, com base no Índice de Variação (IV), em que $IV = CV/\sqrt{n}$, sendo o coeficiente de correlação (CV), a razão entre o desvio-padrão da média e a média. Esta análise é feita em conjunto com a análise visual da sobreposição dos traçados individuais por espécie. O IV foi utilizado em vez do CV, uma vez que este último é influenciado pelo número de dados considerados. Numa segunda parte é

efetuada uma Análise de Componentes Principais, para a comparação interespecífica das amplitudes obtidas, bem como para determinação das variáveis mais influentes na variabilidade dos dados e avaliação das relações entre variáveis. Com fim de se verificar as diferenças descritas pela ACP é apresentado, um gráfico de sobreposição (centrado no pico da maior deflexão) dos traçados médios padrão das várias espécies.

Sendo a derivação II, a derivação mais amplamente descrita, são apresentados primeiramente os resultados relativos a esta derivação, seguindo-se as restantes derivações periféricas. Para cada espécie é feita uma comparação da significância dos valores obtidos das amplitudes em cada uma delas, face aos obtidos na derivação II.

4.4.3.1 Derivação II

Caraterização quantitativa e qualitativa e variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação II

Os valores médios obtidos para a amplitude de ondas nesta derivação podem ser consultados na Tabela 4, e o traçado médio padrão para as espécies é apresentado na Figura 35.

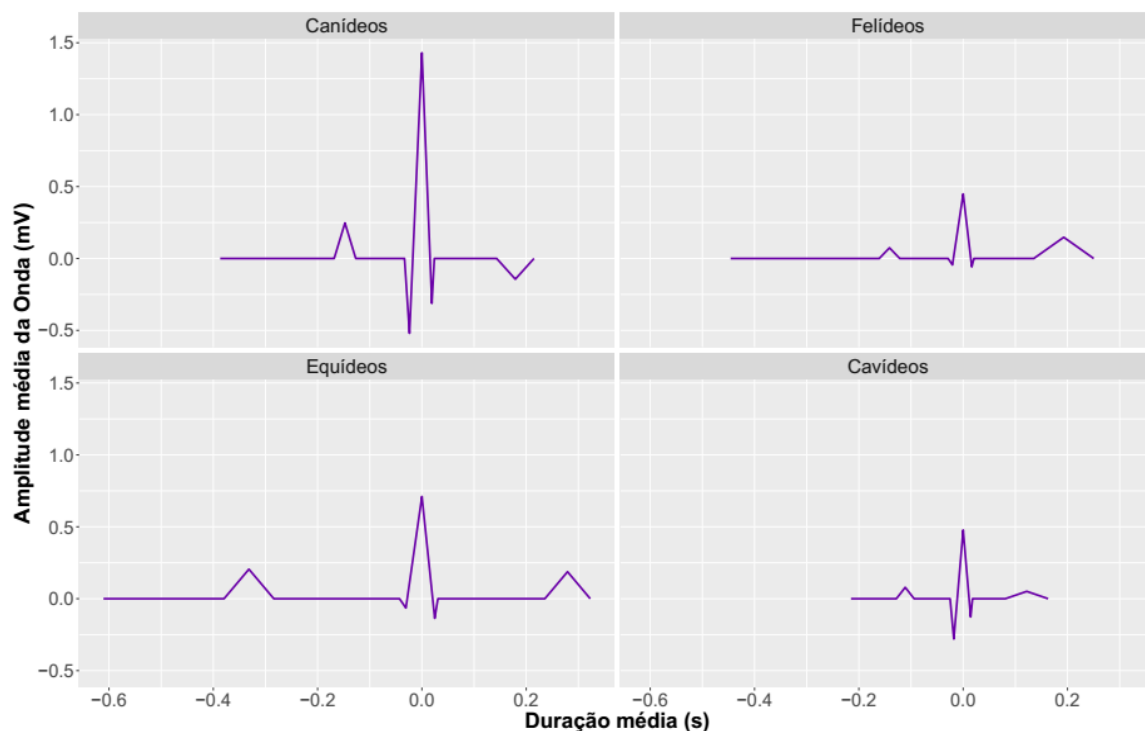
Tabela 4 – Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação II. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão dos valores da média da amplitude (mV) das diferentes ondas, encontradas nas diferentes espécies em II.

Derivação II						
Amplitude (mV)	Onda P	Complexo QRS	Menor deflexão anterior ³	Maior deflexão de QRS	Menor deflexão posterior ⁴	Onda T
Canídeos (N)	25	25	23	25	19	24
Min. / Max.	0.083 / 0.595	0.923 / 3.59	-0.098 / -1.905	0.656 / 2.1	-0.084 / -0.603	0.286 / -0.765
Média ± DP	0.247 ± 0.134	1.946 ± 0.66	-0.520 ± 0.418	1.43 ± 0.4	-0.312 ± 0.14	-0.144 ± 0.277
Felídeos (N)	21	21	12	21	13	21
Min. / Max.	0 / 0.14	0.098 / 1.056	-0.009 / -0.176	0.098 / 0.956	-0.019 / -0.147	-0.183 / 0.398
Média ± DP	0.074 ± 0.034	0.495 ± 0.255	-0.045 ± 0.047	0.449 ± 0.227	-0.058 ± 0.037	0.148 ± 0.121
Equídeos (N)	9	9	8	9	4	9
Min. / Max.	0.17 / 0.254	0.431 / 1.7	-0.04 / -0.103	0.239 / 1.626	-0.075 / -0.192	-0.46 / 0.47
Média ± DP	0.205 ± 0.025	0.809 ± 0.417	-0.064 ± 0.024	0.711 ± 0.438	-0.136 ± 0.055	0.188 ± 0.313
Cavídeos (N)	2	2	1	2	2	2
Min. / Max.	0.045 / 0.113	0.55 / 0.839	-0.28 / -0.28	0.27 / 0.685	-0.099 / -0.154	0.049 / 0.053
Média ± DP	0.079 ± 0.048	0.695 ± 0.204	-0.28	0.478 ± 0.293	-0.127 ± 0.039	0.051 ± 0.003

³ Menor deflexão de QRS anterior à maior deflexão de QRS, se existente

⁴ Menor deflexão de QRS posterior à maior deflexão de QRS, se existente

Figura 35 Derivação II - Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.



Variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação II

Na derivação II, a onda P (Tabela 5) assumiu uma morfologia predominantemente simples positiva na nos canídeos, felídeos e cavídeos. Por sua vez, os equídeos foram aqueles que apresentaram os resultados mais variáveis, ainda que tenha sido maioritariamente positiva (88%). Das ondas bídidas o tipo mais commumente foi do tipo +/++.

A morfologia do tipo QRS (Tabela 6) é o tipo de morfologia predominante, sendo positiva a polaridade global do complexo de despolarização ventricular. Nos felídeos a frequência de QRS positivos foi de 100%. Os indivíduos da espécie canina e felina que apresentaram morfologia do tipo RS eram do tipo *Rs*, pelo que eram também positivos. Nesta derivação, a onda Q registou em alguns indivíduos da espécie canina, uma amplitude elevada, tendo os indivíduos #3, #4, #10, #35 e #45 apresentado as morfologias *QR* e *QRs* (ver anexo). Dois

equinos apresentaram morfologias as *rs* e *qr* (ver anexo). Um cavídeo teve QRS do tipo *qrs*. Estas foram as exceções a que os complexos fossem sempre positivos nestas duas espécies.

A onda T (Tabela 7) foi a única onda onde existiu diferenças entre animais da mesma espécie no que refere à sua polaridade. Nos canídeos, a polaridade predominante (75%) nesta espécie foi negativa e 62% foi a maior percentagem de indivíduos que apresentou uma onda $T \leq 25\%$ da maior deflexão de QRS. Nesta espécie, os indivíduos com onda T- apresentaram em média maiores amplitudes, do que aqueles com T+. Ao contrário, nos felídeos o padrão foi oposto, uma vez que a maioria (90%) dos felinos teve uma onda T de polaridade positiva e 76% dos felinos registaram ondas em que $T > 25\%$ da onda de maior polaridade. Nos equídeos a onda T teve polaridade positiva em 67% dos animais e foi na sua maioria (78%), superior a um quarto da onda T. Nos cavídeos a onda T foi positiva nos dois indivíduos examinados e menor ou igual a 25% da maior deflexão de QRS. Canídeos e equídeos foram as únicas espécies onde se verificou a existência de ondas T bifásicas. A nível intraespecífico é evidente que a onda mais variável entre indivíduos, em amplitude e polaridade é a onda T, em todas as espécies.

De entre os valores obtidos para as amplitudes de P, QRS e T, a onda T nos canídeos (IV=39%) e equídeos (IV=56%), foi a principal onda responsável pela variabilidade intraespecífica, devido à grande variação da polaridade das ondas entre os indivíduos destas espécies. Apesar dos felídeos também apresentarem uma variabilidade de amplitude de T aparente no traçado resultante, a existência de ondas T maioritariamente positivas nos indivíduos desta espécie, diminui a variabilidade intraespecífica dos indivíduos no que refere a este parâmetro (IV=18%). No que refere às ondas integrantes do complexo QRS, a primeira deflexão foi aquela que mais variou em amplitude entre os indivíduos das espécies canina e felina. Já nos equinos, a maior deflexão de QRS foi aquela que registou maior variabilidade, ainda que tenham sido variabilidades baixas, com índices de variação inferiores a 21%. A variabilidade intraespecífica é verificada nos traçados de sobreposição individuais (Figura 36).

Tabela 5 - Morfologia da onda P, na derivação II. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda P, encontradas nas diferentes espécies em II.

Derivação II								
Morfologia de P	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Simples positiva (+)	25	100	20	95	4	44	2	100
Bífida positiva (+/+)	-	-	-	-	1	11	-	-
(+/++)	-	-	-	-	3	33	-	-
Bifásica (-/+)	-	-	-	-	1	11	-	-
Isoelétrica (0)	-	-	1	5	-	-	-	-
Total	25	100	21	100	9	99	2	100

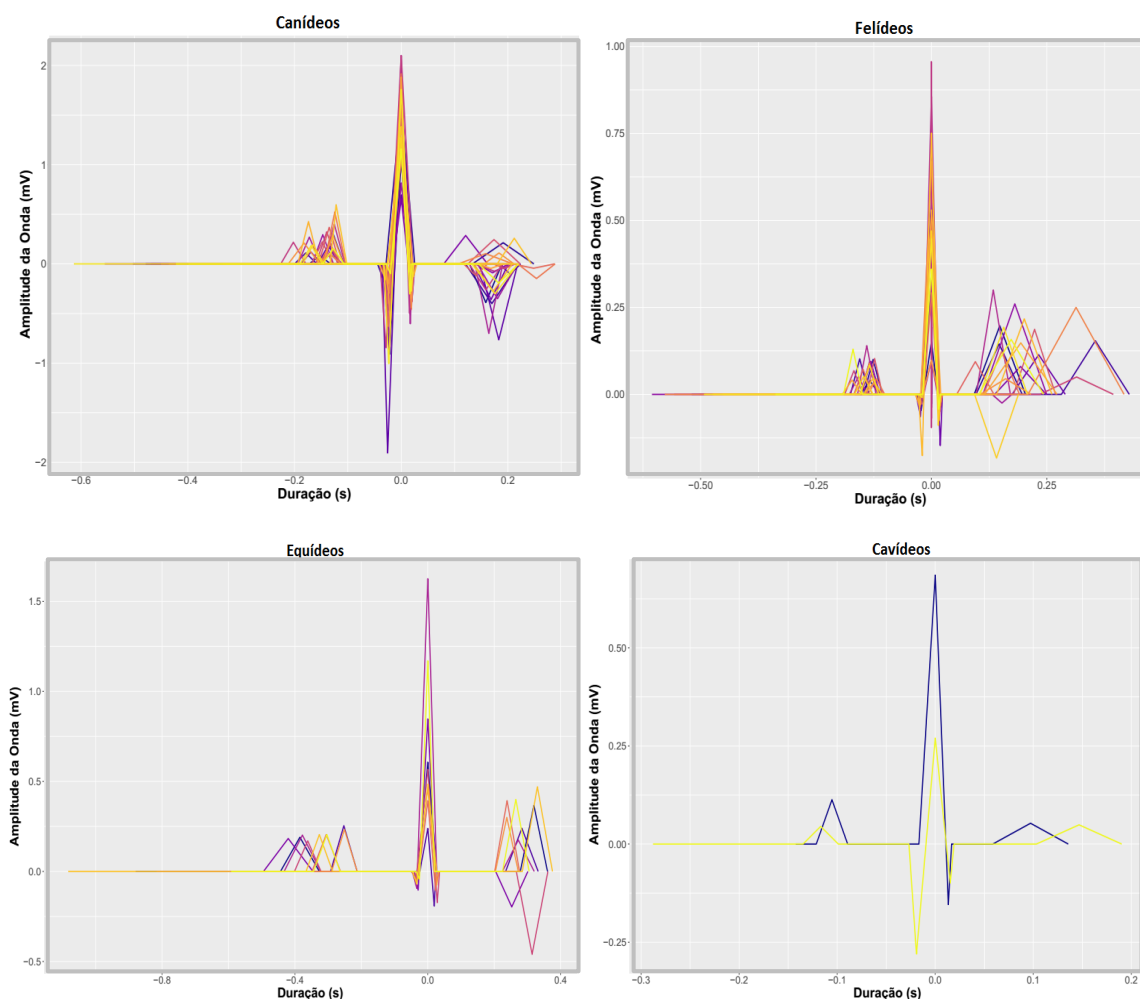
Tabela 6 - Morfologia do complexo QRS, na derivação II. Distribuição cardinal e percentual das morfologias do complexo QRS, encontradas nas diferentes espécies em II.

Derivação II								
Morfologia de QRS	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
QRS	18	72	10	48	3	33	1	50
QR	5	20	2	10	5	56	-	-
R	1	4	6	29	-	-	-	-
RS	1	4	3	14	1	11	1	50
Total	25	100	21	100	9	100	2	100

Tabela 7 Morfologia da onda T, na derivação II. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em II.

	Derivação II							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
Morfologia da Onda T	N	%	N	%	N	%	N	%
Simples positiva e ≤ 25% da maior deflexão de QRS	2	8	3	14	-	-	2	100
Simples negativa e ≤ 25 % da maior deflexão de QRS	13	54	1	5	1	11	-	-
Simples positiva e > 25% da maior deflexão de QRS	-	-	16	76	6	67	-	-
Simples negativa e > 25 % da maior deflexão de QRS	5	21	-	-	1	11	-	-
Bifásica -/+ e < 25% da maior deflexão de QRS	3	13	-	-	1	11	-	-
Bifásica -/+ e > 25% da maior deflexão de QRS	1	4	1	5	-	-	-	-
Total	24	100	21	100	9	100	2	100

Figura 36 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação II. Sobreposição dos traçados individuais nas quatro espécies (cada cor é identificativa de um indivíduo diferente)



Variabilidade interespecífica dos traçados da derivação II

O gráfico resultante da ACP é apresentado na Figura 37. A relação ortogonal entre as variáveis P e QRS, indicou que estas amplitudes não são correlacionadas. Da mesma forma, a amplitude de S não se correlaciona com a de QRS, sendo a amplitude global influenciada sobretudo pela amplitude de R. A distribuição das variáveis Q R e S em quadrantes separados, traduz a existência de morfologia QRS predominante.

A CP1 que explica 59,61% da variabilidade amostral, é influenciada principalmente pelo complexo QRS (0,51) e onda R (0,47). O CP2 por outro lado, é sobretudo influenciada pela onda P (-0,75) e onda Q (-0,51). Da análise em *Scores*, foi possível identificar-se três grandes grupos de indivíduos quanto às amplitudes dos parâmetros em II. A combinação destas duas componentes foi particularmente óbvia no que consta à diferenciação entre as amplitudes de

ondas em II, entre canídeos e felídeos, dada a inexistência de sobreposição de valores. Os canídeos apresentam normalmente os maiores valores de QRS, por oposição aos equinos e felinos. Isto é sobretudo devido à existência de maiores ondas R⁺ e Q⁻. Os cavídeos não se distinguem dos felinos quanto às amplitudes de onda em II. As diferenças dadas entre estas duas espécies prendem-se com as amplitudes das ondas Q, S e T, mas estas não são suficientes para diferenciar as duas espécies. Por outro lado, a CP2 permite distinguir os valores registados entre felídeos e equídeos, uma vez que os primeiros apresentam menores valores de ondas P e Q. Já, canídeos e equídeos apresentam em comum os valores de P superiores às outras duas espécies e com valores médios muito aproximados entre si. As diferenças mencionadas resultantes da ACP são validadas pela Figura 38.

A ACP permitiu ainda verificar os resultados apresentados anteriormente em relação à análise intraespecífica. Dentro de cada espécie, os canídeos são aqueles em que a dispersão dos dados é mais heterogénea, sendo possível distinguir dois grupos de indivíduos, um que se caracteriza por ter menores P⁺ e maiores ondas Q⁻ e T⁻ (ou pequena T⁺) - quadrante superior direito, e outro com maiores ondas P⁺ e ondas T⁺ (ou maior onda P⁺ e baixa T⁻) - quadrante inferior direito. O afastamento mais à direita do primeiro grupo, indica que as onda T⁻ em geral terão em geral maior amplitude. A nível individual é de destacar alguns valores extremos, o #35 apresenta valores de QRS e onda Q⁻ e T⁻ muito superiores aos restantes canídeos. #25 com valores superiores de onda P⁺ e T⁺.

A Figura 38 apresenta o gráfico de sobreposição dos traçados médios padrão das diferentes espécies, em que foi possível verificar algumas destas diferenças interespecíficas. Como mencionado canídeos e equídeos apresentaram valores médios de P aproximados, com cerca de 0,247 mV e 0,205 mV respetivamente. Felídeos e cavídeos apresentaram também valores semelhantes com 0,074 mV e 0,079 mV de amplitude de onda. Os canídeos tiveram de entre todas as espécies os complexos QRS mais elevados com 1,946 mV, seguindo-se os equídeos (0,809 mV), cavídeos (0,695 mV) e felídeos (0,495 mV). A maior onda T média foi registada nos equídeos, com cerca de 0,188 mV e a menor nos cavídeos (0,051). Nos carnívoros a amplitude de onda foi aproximada, ainda que tenha registado polaridades opostas.

Figura 37 Análise de componentes principais para amplitudes de ondas, na derivação II. Distribuição dos indivíduos, colorida por espécie, segundo as duas primeiras CP's (esq.) e influência das amplitudes das ondas em II, nas respectivas CP's (dir.).

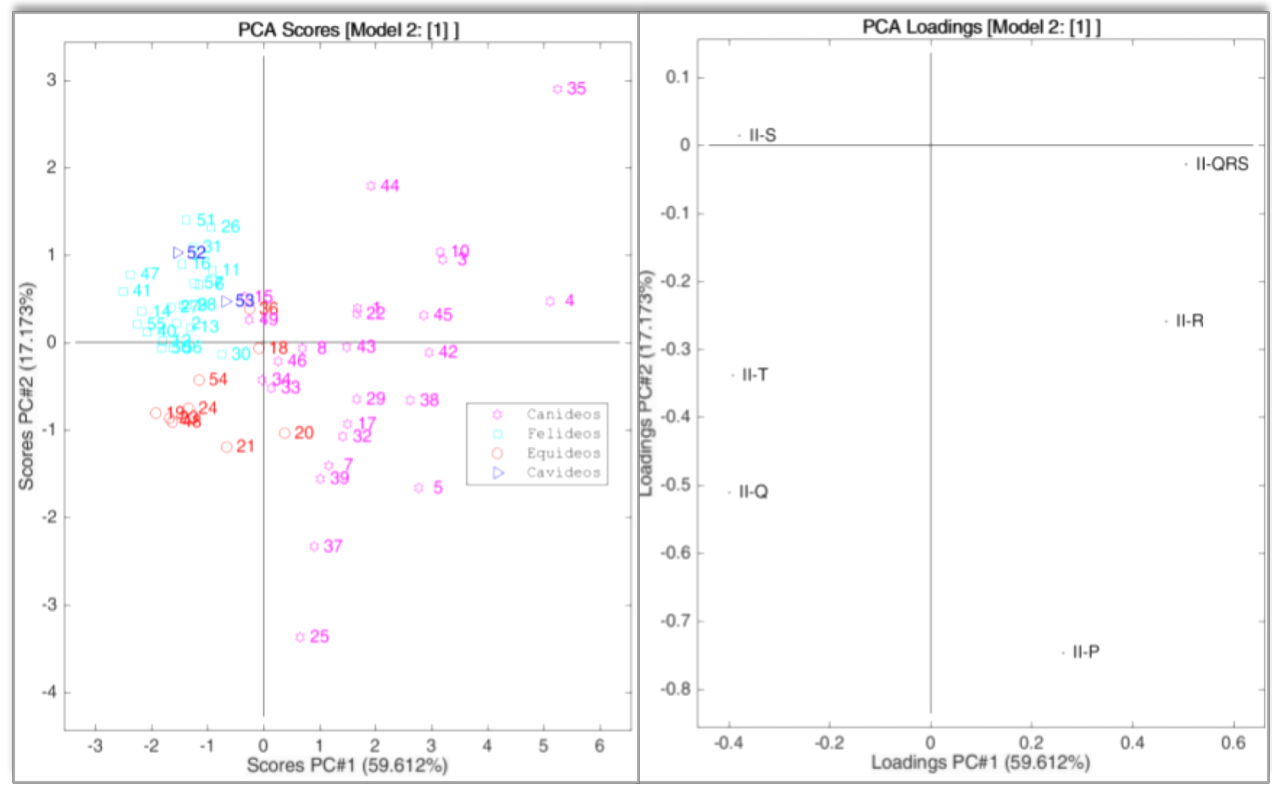
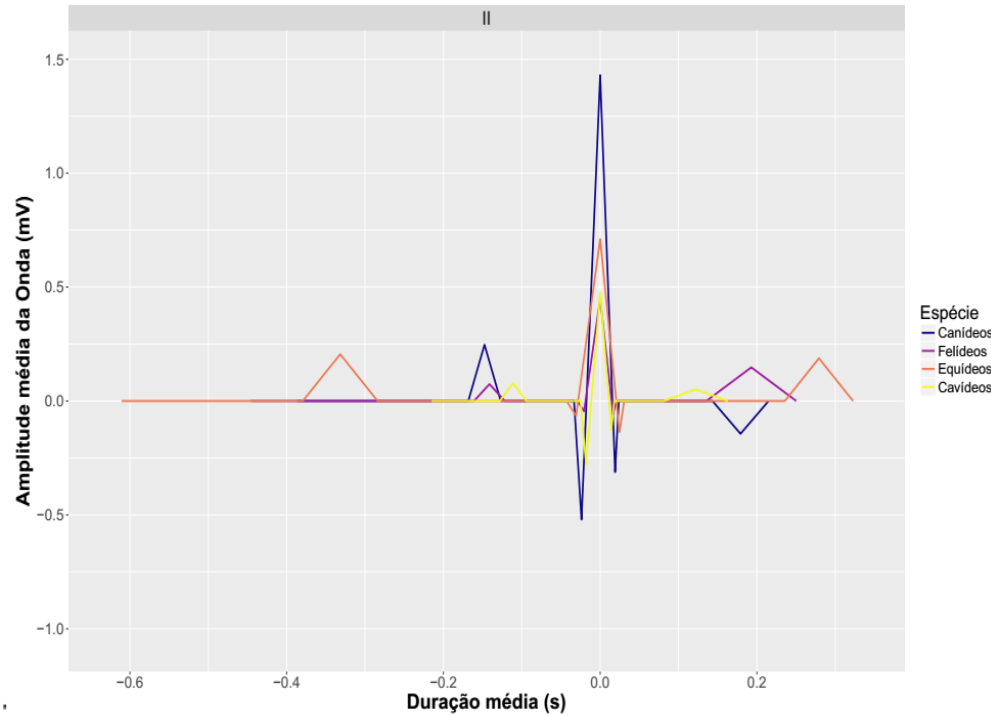


Figura 38 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação II. Sobreposição do traçado médio padrão das diferentes espécies em II.



4.4.3.2 Derivação I

Caracterização quantitativa e qualitativa e variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação I

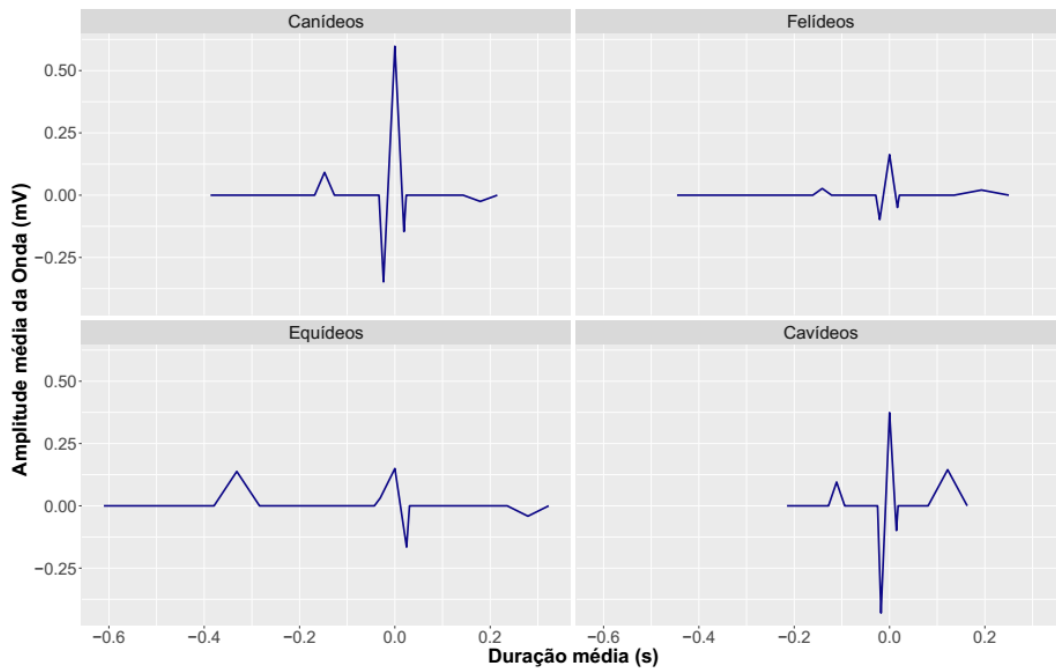
Os valores médios para a amplitude de ondas nesta derivação, podem ser consultados na Tabela 8 e o traçado médio padrão para as espécies é apresentado na Figura 39.

Tabela 8 - Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação I. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão dos valores da média da amplitude (mV) das diferentes ondas encontradas nas diferentes espécies na derivação I.

Derivação I						
Amplitude (mV)	Onda P	Complexo QRS	Menor deflexão anterior	Maior deflexão de QRS	Menor deflexão posterior	Onda T
Canídeos (N)	22	23	15	23	14	21
Min. / Max.	0 / 0.23	0.262 / 2.925	-0.022 / -1.42	0.224 / 1.658	-0.048 / -0.308	0.15 / -0.385
Média ± DP	0.092 ^a ± 0.056	0.844 ^a ± 0.61	-0.348 ^a ± 0.338	0.598 ^a ± 0.379	-0.146 ^a ± 0.07	-0.025 ^b ± 0.125
Felídeos (N)	21	21	11	21	14	21
Min. / Max.	-0.018 / 0.089	0.047 / 0.514	-0.018 / -0.331	-0.15 / 0.415	-0.01 / -0.095	-0.154 / 0.154
Média ± DP	0.027 ^a ± 0.025	0.236 ^a ± 0.121	-0.098 ⁿ ± 0.083	0.163 ^a ± 0.132	-0.049 ⁿ ± 0.027	0.021 ^a ± 0.083
Equídeos (N)	9	9	5	9	5	9
Min. / Max.	-0.23 / 0.28	0.367 / 1.763	-0.193 / 0.383	-0.865 / 1.307	0.1 / -0.457	0.525 / -0.8
Média ± DP	0.138 ⁿ ± 0.152	0.838 ⁿ ± 0.395	-0.031 ⁿ ± 0.221	0.15 ^b ± 0.761	-0.166 ⁿ / 0.231	-0.042 ^b ± 0.485
Cavídeos (N)	2	2	1	2	2	2
Min. / Max.	0.065 / 0.126	0.548 / 0.735	-0.43 / -0.43	0.3 / 0.448	-0.09 / -0.1	0.065 / 0.225
Média ± DP	0.096 ⁿ ± 0.043	0.642 ⁿ ± 0.132	-0.43	0.374 ⁿ ± 0.105	-0.099 ⁿ ± 0.001	0.145 ⁿ ± 0.113

Os valores de amplitude de ondas são significativamente diferentes dos obtidos na derivação II, para todas as ondas, no caso dos canídeos ($P < 0,01$); para as ondas P, R e T no caso dos felídeos ($P < 0,01$) e para as ondas R e T em equídeos ($P < 0,05$). Não houve significância estatística para os valores da amplitude de ondas em I, no caso dos roedores.

Figura 39 Derivação I - Traçado médio padrão correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.



A onda P (Tabela 9) adquiriu uma morfologia simples positiva predominante em todas as espécies. Nos equinos a polaridade manteve-se maioritariamente do tipo simples positiva, mas assumiu também as formas bífida (+/+ e +/++) em 33% dos indivíduos.

O complexo QRS (Tabela 10) apresenta uma polaridade global positiva em praticamente todos os indivíduos analisados, sendo *qrs* o padrão mais repetido nos carnívoros. Apenas cinco animais tiveram um QRS negativo, dois equinos e um felino, com morfologia do tipo QS e dois equinos com morfologia rS e *rsr'*. Nos equídeos a morfologia do complexo foi bastante variada, havendo praticamente tantos complexos positivos como negativos. Praticamente cada equino apresentou uma morfologia diferente (ver anexo e Figura).

Em canídeos e equídeos, a onda T (Tabela 11) apresentou uma polaridade positiva em cerca 50% dos indivíduos com ondas simples e negativa nos restantes 50%. Nos canídeos, contudo, 95% das ondas T eram menores que 25% da maior deflexão de QRS, ao contrário dos equinos em que 88% dos animais tinham-na superior a este valor. Nos felinos a polaridade das ondas simples foi principalmente positiva (62%) os indivíduos que apresentavam onda T menor que 25% do maior pico de QRS eram quase o dobro (67%) daqueles que tinham onda T maior que os 25% de QRS (34%). A elevada variabilidade intraespecífica da amplitude e polaridade desta onda é evidenciada na Figura 40.

Dentro dos valores obtidos para as amplitudes de P, QRS e T, a onda P nos equídeos (IV=37%) e a onda T nos carnívoros (IV=108% e IV=88%, em canídeos e felídeos respectivamente) e particularmente nos equídeos (IV=389%), foram aquelas que apresentaram maior variabilidade intraespecífica, devido à grande variação das polaridades registadas entre membros da mesma espécie. De destacar também pela mesma razão, a grande variabilidade de todas as deflexões integrantes de QRS nos equídeos. Nos carnívoros a primeira deflexão do complexo, foi aquela que mais variou dentro de todas as deflexões de QRS, não ultrapassando, no entanto, um índice de variabilidade de cerca de 25%, em ambas as espécies.

Nesta derivação, houve um canídeo (#35) que apresentou depressão do segmento ST, na ordem dos -0,108 mV.

Tabela 9 - Morfologia da onda P na derivação I. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda P, encontradas nas diferentes espécies em I.

Derivação I								
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Morfologia de P								
Simple positiva (+)	21	95	17	81	5	56	2	100
Simple negativa (-)	-	-	1	5	1	11	-	-
Bífida positiva (+/+)	-	-	-	-	1	11	-	-
(+/++)	-	-	-	-	2	22	-	-
Isoelétrica (0)	1	5	3	14	-	-	-	-
Total	22	100	21	100	9	100	2	100

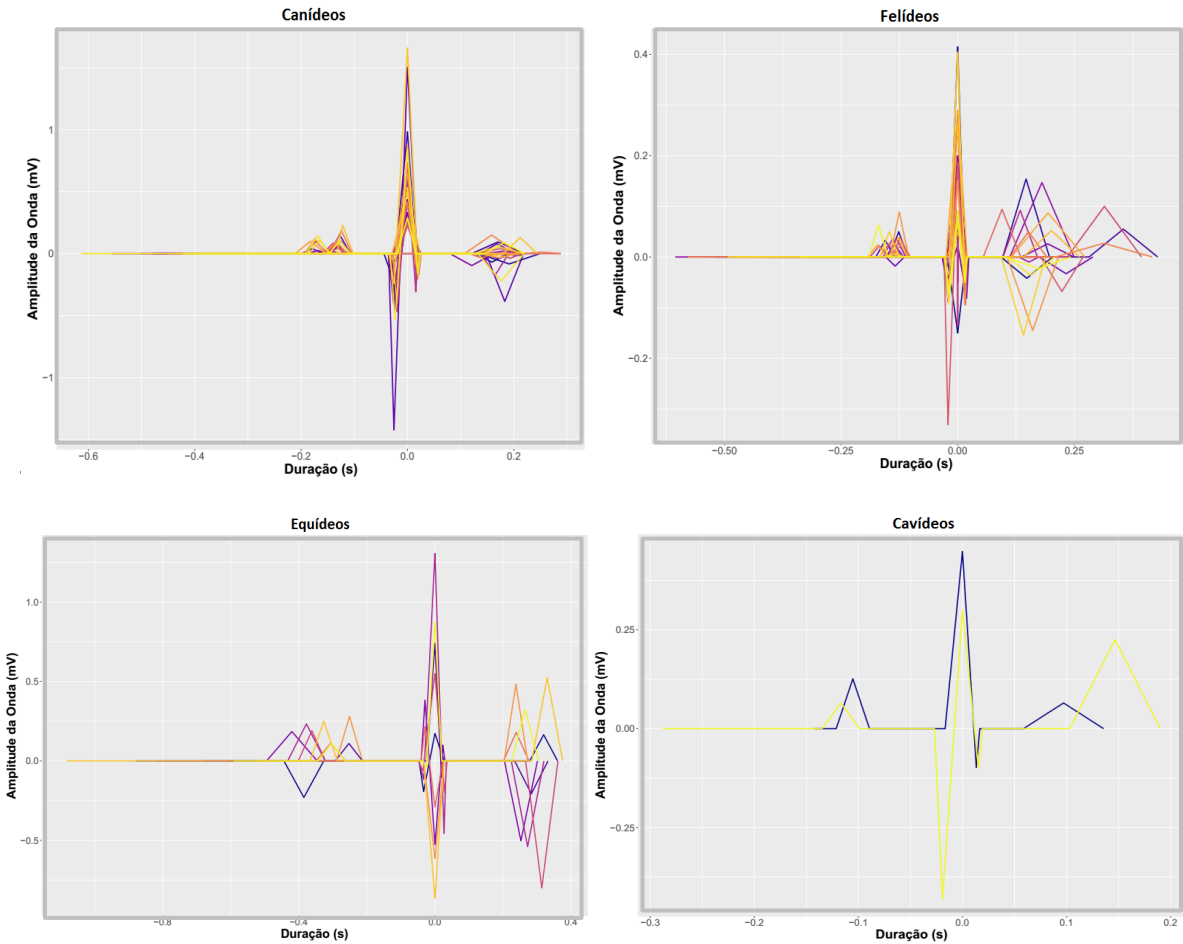
Tabela 10 - Morfologia do complexo QRS na derivação I. Distribuição cardinal e percentual das morfologias do complexo QRS, encontradas nas diferentes espécies em I.

Derivação I								
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Morfologia de QRS								
QRS	11	48	11	52	2	22	1	50
QS	-	-	1	5	2	22	-	-
QR	4	17	-	-	2	22	-	-
R	5	22	6	29	-	-	-	-
RS	3	13	3	14	2	22	1	50
RSR	-	-	-	-	1	11	-	-
Total	23	100	21	100	9	100	2	100

Tabela 11 - Morfologia da onda T na derivação I. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em I.

Morfologia da Onda T	Derivação I							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Simple positiva e < 25% da maior deflexão de QRS	7	35	8	38	1	11	1	50
Simple negativa e < 25 % da maior deflexão de QRS	10	50	6	28	-	-	1	50
Simple positiva e > 25% da maior deflexão de QRS	1	5	5	24	3	33	-	-
Simple negativa e > 25 % da maior deflexão de QRS	-	-	1	5	4	44	-	-
Bifásica -/+ e < 25% da maior deflexão de QRS	2	10	-	-	-	-	-	-
Bifásica -/+ e > 25% da maior deflexão de QRS	-	-	1	5	1	11	-	-
Total	20	100	21	100	9	99	2	100

Figura 40 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação I. Sobreposição dos traçados individuais nas quatro espécies (cada cor é identificativa de um indivíduo diferente)



Variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação I

O gráfico resultante da ACP é apresentado na Figura 41. A CP1 que explica 47,33% e CP2 explica 19,72% da variabilidade de dados. A CP1 é influenciada pelos valores de QRS (0,51) e R (0,47) e a CP2 é influenciada pelos CP2 pelos valores de P (-0,75) e Q (-0,51).

Nesta derivação, a ACP *Scores* identificou os dois agrupamentos principais de indivíduos que mais se distinguem quanto às amplitudes dos parâmetros em I. Um composto pelos carnívoros e roedores e outro de maior dispersão composto pelos equinos.

Canídeos e felídeos formaram um grupo em que os indivíduos mais se assemelham entre si. Ainda assim, dentro dos carnívoros, foi possível notar a diferença entre as duas espécies quanto aos valores de QRS registados. Os cavídeos não se distinguem dos carnívoros, quanto às amplitudes de ondas nesta derivação. Na derivação I os equinos destacam-se das restantes espécies por apresentarem em média uma onda P mais alta. A ACP permitiu verificar os resultados apresentados anteriormente em relação à análise intraespecífica em I, na medida em que, os equídeos apesar de registarem valores médios de amplitude de QRS, muito semelhantes aos canídeos, dividem-se em dois subgrupos. Um à direita constituído por indivíduos (#20, #36, #54 e #21) com complexos do tipo QRS (polaridade positiva). E outro donde constam animais (#18, #23, #48 e #19) cujo complexo tem morfologia do tipo RSR' (polaridade negativa). Este segundo grupo afasta-se mais do grupo dos canídeos pela presença da onda S negativa (representada no gráfico como I-R). O gráfico de sobreposição dos traçados médios padrão das diferentes espécies (Figura 42), proporciona uma perceção visual imediata das diferenças interespecíficas dos traçados eletrocardiográficos. Destacou-se devido a isto, a diferente morfologia do complexo QRS médio, nos equídeos, constituído em média por duas deflexões. As ondas T apresentaram em geral amplitudes médias reduzidas em todas as espécies. Esta onda foi concordante com P, em canídeos e equídeos e discordante nas outras espécies. A nível individual na ACP, destacaram-se os valores extremos #24 por ter uma onda P- alta e o #35 que registou ondas R (I-R) de elevada amplitude e P isoeletrica.

A Figura 42 apresenta o gráfico de sobreposição dos traçados médios padrão das diferentes espécies, em que foi possível verificar algumas destas diferenças interespecíficas. Tal como mencionado o maior valor de P médio foi registado nos equídeos com 0,138 mV, por oposição ao menor valor pertencente ao grupo dos felinos, com cerca de 0,027 mV. Canídeos e cavídeos obtiveram valores aproximados, com 0,092 mV e 0,096 mV. Canídeos e equídeos tiveram valores semelhantes (pouco acima dos 0,8 mV) para a amplitude total média do complexo QRS, apesar da grande variabilidade intraespecífica mencionada nos equídeos, e que resultou graficamente num QRS mais pequeno e de morfologia distinta. Os felídeos

registraram 0,236 mV e os cavídeos 0,642 mV. A onda T teve uma amplitude média semelhante entre as duas espécies dos carnívoros (-0,025 mV e 0,021 mV), apesar da diferirem na polaridade de onda e aproximadamente metade do registrado nos equídeos (-0,042 mV). O maior valor médio de amplitude de onda pertenceu aos cavídeos com 0,145 mV.

Figura 41 Análise de componentes principais para amplitudes de ondas, na derivação I. Distribuição dos indivíduos, colorida por espécie, segundo as duas primeiras CP's (esq.) e influência das amplitudes das ondas em I, nas respectivas CP's (dir.).

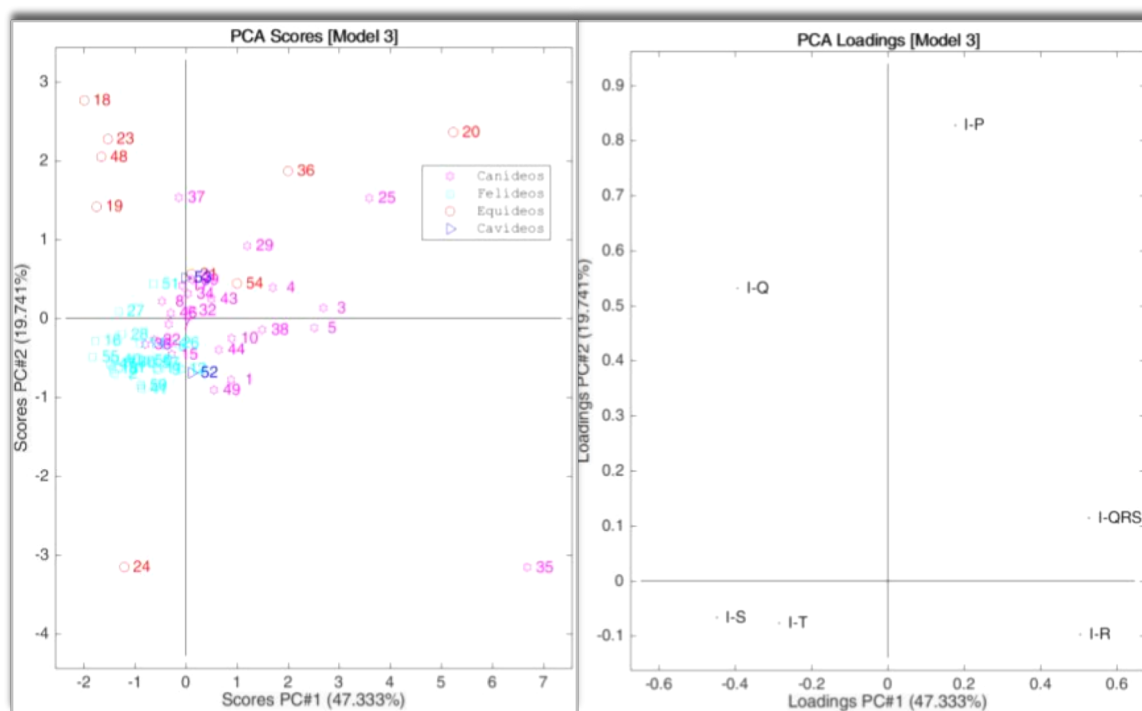
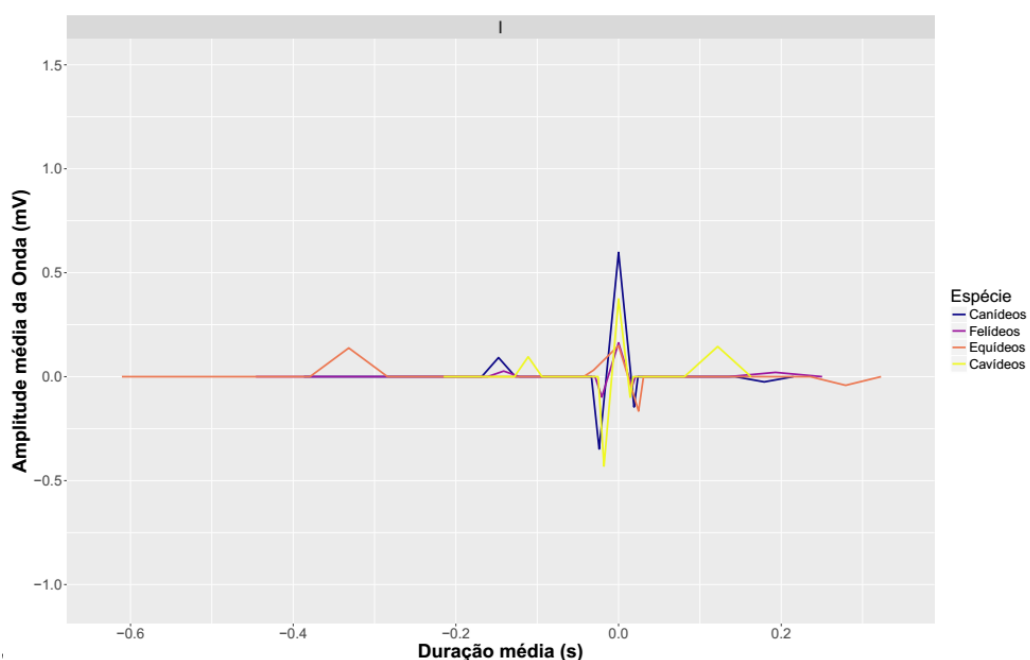


Figura 42 Variabilidade interespecífica do traçado, na derivação I. Sobreposição do traçado médio padrão das diferentes espécies na derivação I.



4.4.3.3 Derivação III

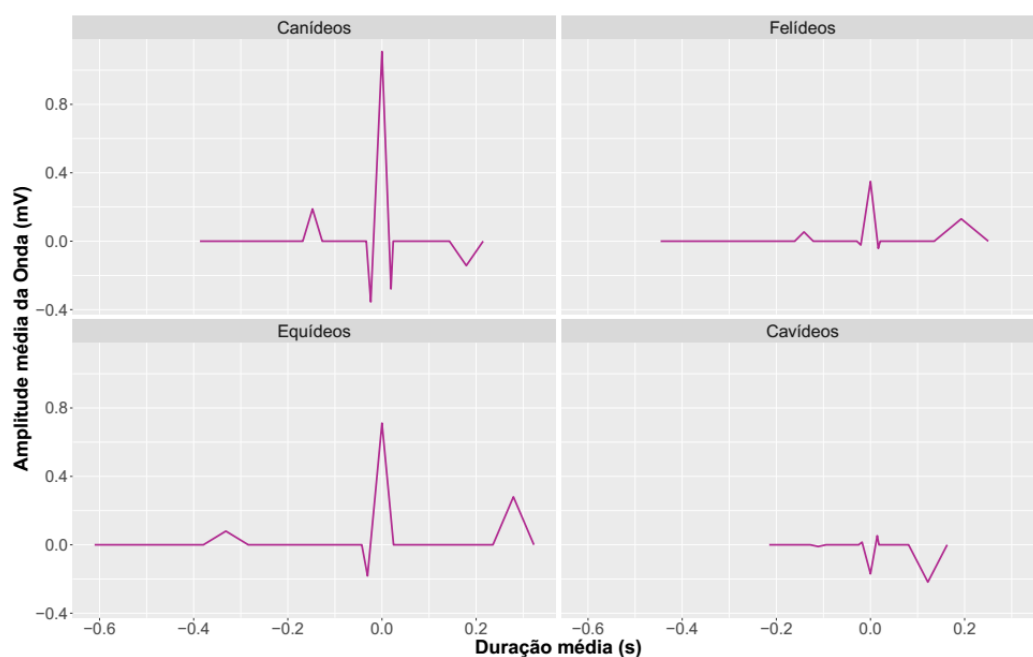
Caracterização quantitativa e qualitativa e variabilidade intraespecífica dos traçados na derivação III

Os valores médios para a amplitude de ondas nesta derivação, podem ser consultados na Tabela 12 e o traçado médio padrão para as espécies é apresentado na Figura 43.

Tabela 12 - Valores obtidos das amplitudes de ondas na derivação III. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão dos valores da média da amplitude (mV) das diferentes ondas encontradas nas diferentes espécies em III.

Derivação III						
Amplitude (mV)	Onda P	Complexo QRS	Menor deflexão anterior	Maior deflexão de QRS	Menor deflexão posterior	Onda T
Canídeos (N)	21	23	21	23	17	20
Min. / Max.	0 / 0.43	0.725 / 2.645	-0.04 / -0.813	0.408 / 1.833	-0.11 / -0.482	0.225 / -0.528
Média ± DP	0.189 ^a ± 0.108	1.497 ^a ± 0.534	-0.355 ^b ± 0.224	1.109 ^a ± 0.407	-0.279 ⁿ ± 0.111	-0.143 ⁿ ± 0.206
Felídeos (N)	21	21	11	21	15	21
Min. / Max.	-0.05 / 0.11	0.081 / 0.98	0.158 / -0.165	-0.1 / 0.9	0.084 / -0.172	-0.044 / 0.36
Média ± DP	0.054 ^a ± 0.04	0.42 ^b ± 0.274	-0.022 ⁿ ± 0.079	0.349 ^a ± 0.279	-0.042 ⁿ ± 0.057	0.131 ⁿ ± 0.097
Equídeos (N)	8	9	6	9	0	8
Min. / Max.	-0.09 / 0.15	0.531 / 1.447	-0.055 / -0.292	-0.531 / 1.225	Inf	0.164 / 0.71
Média ± DP	0.079 ^a ± 0.075	0.95 ⁿ ± 0.315	-0.182 ^b ± 0.087	0.711 ⁿ ± 0.561	NA	0.377 ⁿ ± 0.164
Cavídeos (N)	2	2	2	2	2	1
Min. / Max.	-0.05 / 0.03	0.425 / 0.81	-0.105 / 0.136	0.319 / -0.658	-0.056 / 0.162	-0.218 / -0.218
Média ± DP	-0.01 ⁿ ± 0.057	0.6175 ⁿ ± 0.272	0.015 ⁿ ± 0.17	-0.17 ⁿ ± 0.691	0.053 ⁿ ± 0.154	-0.218

Figura 43 Derivação III - Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.



Os valores de amplitude de ondas são significativamente diferentes dos obtidos na derivação II, nas ondas P em todas as espécies à exceção dos cavídeos, para a amplitude de R nos carnívoros e amplitude global de QRS nos canídeos ($P<0,01$). A onda Q diferiu da derivação II para III em canídeos e equídeos, tal como aconteceu com a amplitude de QRS nos felinos ($P<0,05$). Não houve significância estatística para os valores da amplitude de ondas em III, no caso dos roedores.

Nesta derivação, a onda P (Tabela 13) é normalmente simples e de polaridade positiva nos carnívoros domésticos. Um felino registou a polaridade inversa, e dois indivíduos tinham uma onda P isoelétrica. 75% dos equinos registou uma onda P bifida, tendo sido esta positiva na maioria das vezes (62,5%). Nos cavídeos as ondas registadas foram simples, tendo estado representadas ambas as polaridades nos dois espécimes existentes.

Nos canídeos os complexos QRS (Tabela 14) apresentam sempre polaridade positiva sendo a morfologia *qrs* predominante (52%). Os complexos do tipo RS foram positivos. Nos felídeos, QRS também foi a morfologia mais frequente. No entanto, dois indivíduos apresentaram QRS com polaridade negativa, sendo estes complexos do tipo *rsr'*. Os equinos também apresentaram complexos predominantemente positivo em que *qR* foi a morfologia mais encontrada (56%). Nos cavídeos as morfologias encontradas foram do tipo *qRs* e *rSr'* sendo o traçado resultante do segundo tipo (maior amplitude).

A onda T (Tabela 15) teve valores negativos em 67% dos canídeos. 58% dos indivíduos a onda foi menor que 25% da deflexão de maior amplitude de QRS. Dois animais apresentaram onda bifásicas do tipo $-/+$. Ao contrário, nos felídeos, esta onda teve polaridade simples positiva em 86% dos indivíduos e em 67% das ocorrências, foi maior que 25% da maior deflexão de QRS. Este resultado nos felinos foi semelhante aos equinos, sendo a onda T simples, positiva e maior que 25% de R em 75% dos indivíduos. Ambos os cavídeos apresentaram uma onda T simples negativa e superior a 25% da maior deflexão de QRS.

Dentro dos valores obtidos para as amplitudes de P, QRS e T. Destacou-se a maior variabilidade da amplitude da onda T em canídeos ($IV= 32\%$) e da onda P nos equídeos ($IV=33\%$). Esta variabilidade deveu-se à discrepância existente entre as amplitudes de ondas de polaridades opostas. De notar que aparente variabilidade no gráfico da onda T nos felídeos se deveu à menor escala desta espécie, pelo que as ondas variaram menos entre si. Das deflexões integrantes do complexo QRS, aquela que mais variou em canídeos e felídeos, foi a primeira deflexão. Nos equídeos a maior deflexão, foi a que registou maior variabilidade (Figura 44).

Na derivação III, houve três canídeos (#25, #35 e #39) e um felino (#28) a apresentar alteração do segmento ST. O primeiro grupo registou depressão com -0,125 mV, -0,2 mV e -0,219 mV, respetivamente. Um felino teve uma elevação de 0,038 mV deste segmento.

Tabela 13 Morfologia da onda P, na derivação III. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda P, encontradas nas diferentes espécies em III.

Derivação III								
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
Morfologia de P	N	%	N	%	N	%	N	%
Simplex positiva (+)	20	95	19	90	1	12,5	1	50
Simplex negativa (-)	-	-	1	5	-	-	1	50
Bífida positiva (+/+)	-	-	-	-	3	37,5	-	-
(++/+)	-	-	-	-	2	25	-	-
Bífida negativa (--/-)	-	-	-	-	1	12,5	-	-
Bifásica (+/-)	-	-	-	-	1	12,5	-	-
Isoelétrica (0)	1	5	1	5	-	-	-	-
Total (espécie)	21	100	21	100	8	100	2	100

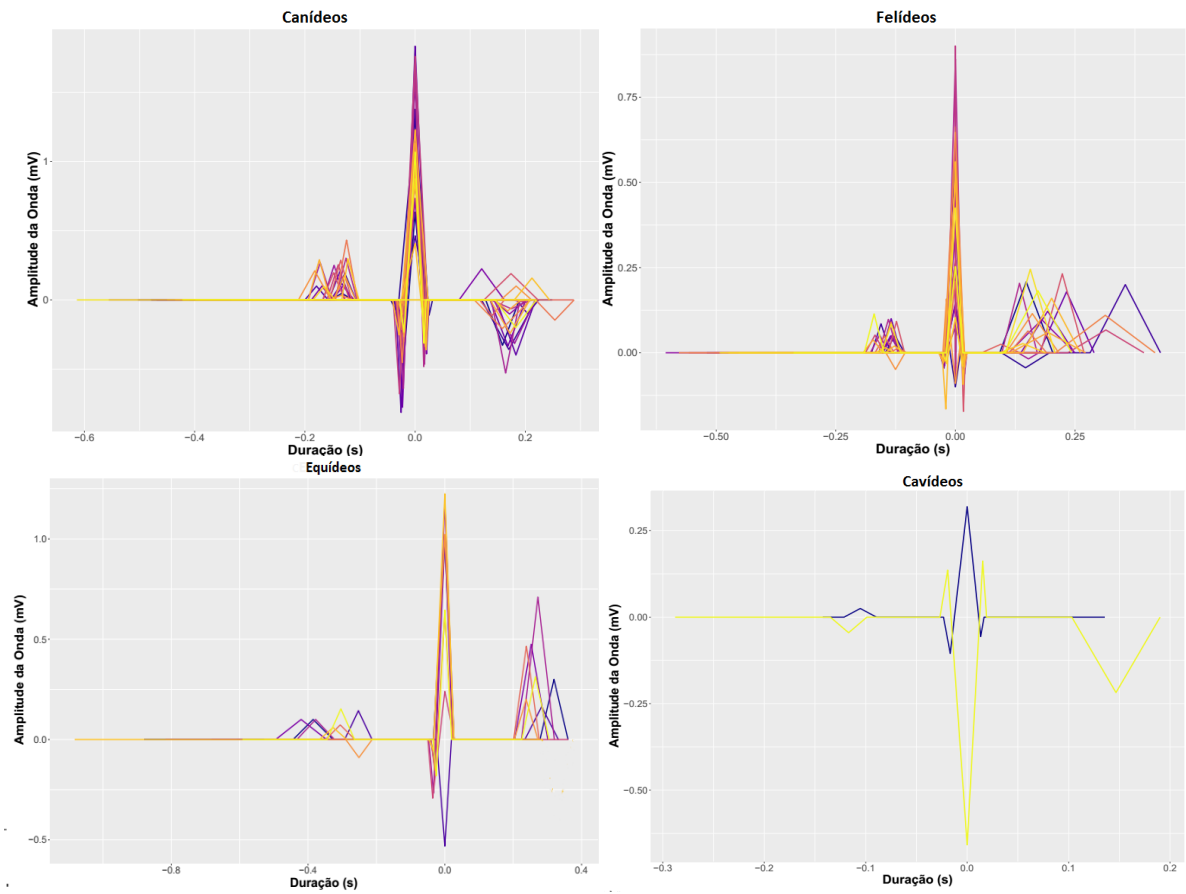
Tabela 14 Morfologia do complexo QRS, na derivação III. Distribuição cardinal e percentual das morfologias do complexo QRS, encontradas nas diferentes espécies em III

Derivação III								
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
Morfologia de QRS	N	%	N	%	N	%	N	%
QRS	15	65	8	38	-	-	1	50
QS	-	-	-	-	1	11	-	-
QR	6	26	1	5	6	67	-	-
R	-	-	5	24	2	22	-	-
RS	2	9	5	24	-	-	-	-
RSR	-	-	2	10	-	-	1	50
Total	23	100	21	101	9	100	2	100

Tabela 15- Morfologia da onda T, na derivação III. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em III.

Morfologia da Onda T	Derivação III							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Simple positiva e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	4	5	24	-	-	-	-
Simple negativa e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	12	50	1	5	-	-	-	-
Simple positiva e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	4	13	61	6	75	-	-
Simple negativa e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	4	17	1	5	-	-	1	100
Bifásica -/+ e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	4	-	-	-	-	-	-
Bifásica +/- e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	-	-	2	25	-	-
Bifásica -/+ e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	4	1	5	-	-	-	-
Total	20	83	21	100	8	100	1	100

Figura 44 Variabilidade intraespecífica do traçado, na derivação III. Sobreposição dos traçados individuais nas quatro espécies (cada cor é identificativa de um indivíduo diferente)



3.3. Variabilidade interespecífica dos traçados da derivação III

O gráfico resultante da ACP é apresentado na Figura 45. Existiu uma correlação positiva entre a amplitude modular de P e S nesta derivação (tendencialmente, quanto mais positiva foram as ondas P, mais negativas eram as ondas S). Amplitude de QRS muito correlacionada com a amplitude de R. Não existiu correlação entre as amplitudes de P e a onda Q.

A CP1 que explica 56,8% da variabilidade dos dados, é influenciada principalmente pelos valores de QRS (0,49) e R (0,46). A CP2 traduz 14,3% da variabilidade e é influenciada principalmente pela onda T (-0,67) e onda P (-0,52).

Em ACP *Scores* permitiu identificar dois agrupamentos principais de indivíduos quanto às amplitudes dos parâmetros em III. Um agrupamento de dados com maior dispersão à esquerda e outro com menor dispersão à direita. A CP1 distinguiu, assim, duas espécies distintas quanto às amplitudes de QRS, sendo esta significativamente maior nos canídeos, do que nos felídeos. Os equídeos por outro lado encontraram valores intermédios entre estas duas espécies. Este sentido (CP1) também permitiu diferenciar os indivíduos no que toca à morfologia do QRS. Um cavídeo (#52) e dois membros da espécie felina (#51 e #6) encontraram-se mais deslocados à esquerda por apresentarem a polaridade de QRS negativa, e por isso uma onda S- (*scores* mais afastados de III-R). Os canídeos foram a única espécie que não teve complexos negativos, ou seja, do tipo RSR' ou QS. Em relação a esta espécie, são distinguidos dois grandes grupos, quanto à CP2. Um com maiores valores de ondas P+ e S-; e um segundo grupo com ondas maiores ondas T-. Os felídeos são a espécie com onda P+ mais baixa. Os cavídeos são a única espécie com P-, a par de um equino #23 e um felino #51. A Figura 46 apresenta o gráfico de sobreposição dos traçados médios padrão das diferentes espécies, em que foi possível verificar algumas destas diferenças interespecíficas. Assim, obteve-se por ordem decrescente de amplitude média da onda P, 0,189 mV nos canídeos, 0,079 mV nos equídeos, 0,054 nos felídeos e -0,01 nos cavídeos. A amplitude média do complexo QRS em III, nos canídeos foi aproximadamente 1 mV superior ao registado nos felídeos (1,497 mV e 0,42 mV respetivamente). Nos equídeos a amplitude foi de 0,95 mV. A onda T média em felinos teve 0,131 mV de amplitude, muito semelhante ao valor modular da amplitude desta onda nos canídeos (-0,143 mV), apesar da maior variabilidade interespecífica da onda, já mencionada nos canídeos. Os equídeos apresentaram o maior valor médio de T com cerca de 0,280 mV.

Figura 45 Análise de componentes principais para amplitudes de ondas, na derivação III. Distribuição dos indivíduos, colorida por espécie, segundo as duas primeiras CP's (esq.) e influência das amplitudes das ondas em III, nas respectivas CP's (dir.).

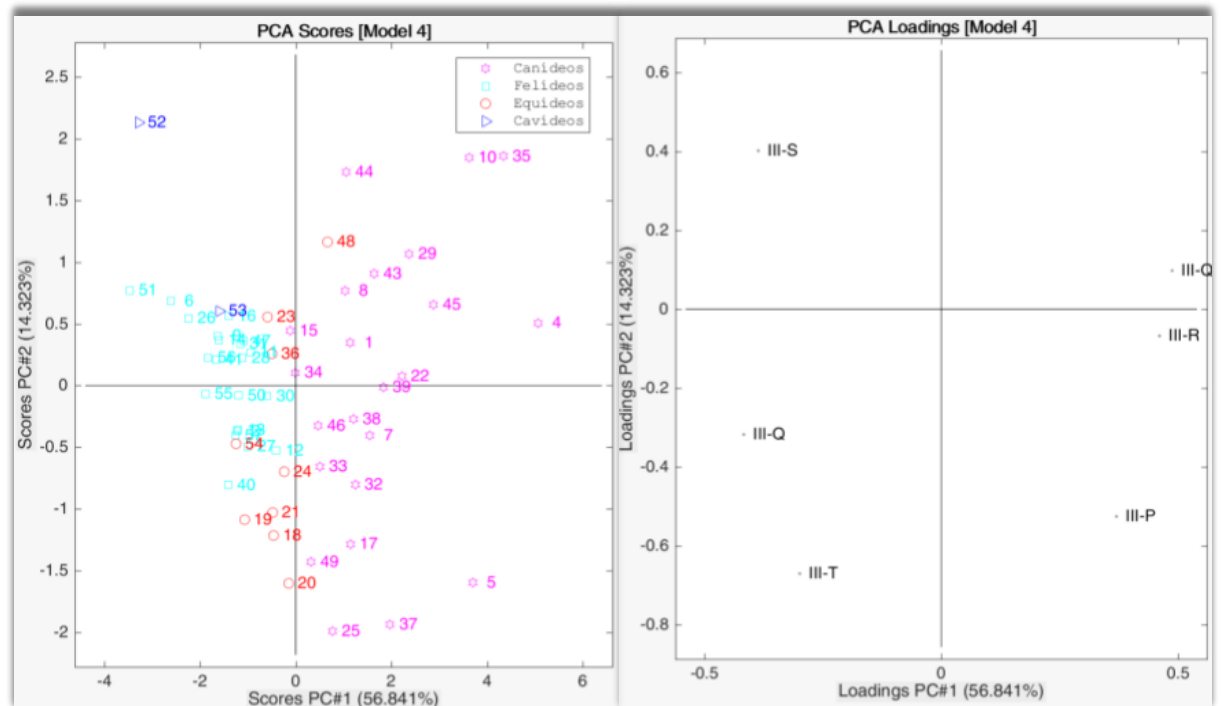
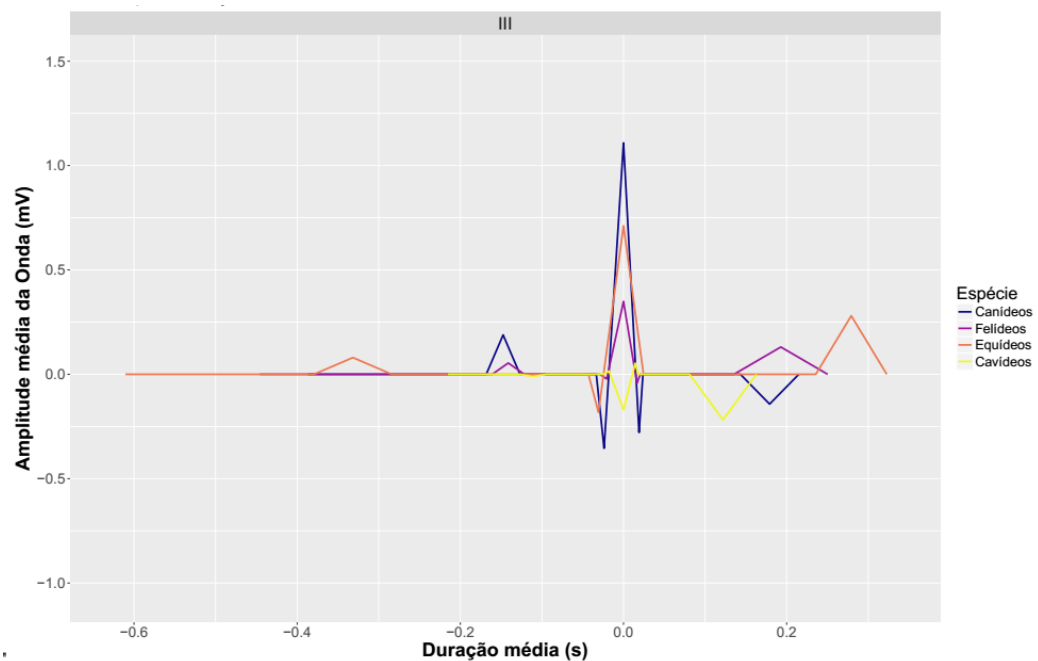


Figura 46 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação III. Sobreposição do traçado médio padrão das diferentes espécies em III.



4.4.3.4 Derivação aVR

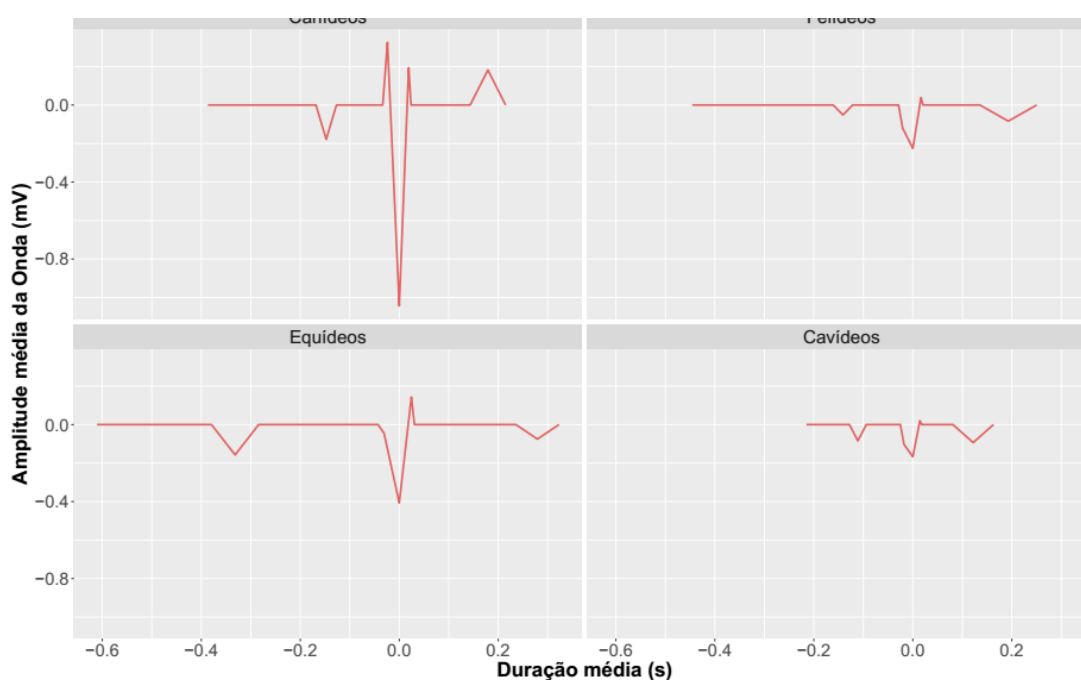
Caracterização quantitativa e qualitativa e variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação aVR

Os valores médios das amplitudes de ondas nesta derivação, podem ser consultados na Tabela 16 e o traçado médio padrão para as espécies na Figura 47.

Tabela 16 - Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação, em aVR. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão dos valores da média da amplitude (mV) das diferentes ondas, encontradas nas diferentes espécies na derivação aVR.

Derivação aVR						
Amplitude (mV)	Onda P	Complexo QRS	Menor deflexão anterior	Maior deflexão de QRS	Menor deflexão posterior	Onda T
Canídeos (N)	22	22	17	22	21	22
Min. / Max.	-0.075 / -0.44	0.575 / 3.694	-0.71 / 1.568	0.11 / -2.128	-0.1 / 0.5	0.014 / 0.633
Média ± DP	-0.178 ^a ± 0.093	1.474 ^a ± 0.719	0.325 ^a ± 0.426	-1.043 ^a ± 0.533	0.194 ^a ± 0.145	0.182 ^a ± 0.153
Felídeos (N)	20	21	11	21	7	20
Min. / Max.	0 / -0.091	-0.394 / 0.69	0.118 / -0.619	0.052 / -0.69	-0.051 / 0.1	0.072 / -0.211
Média ± DP	-0.052 ^a ± 0.022	0.29 ^a ± 0.242	-0.120 ⁿ ± 0.238	-0.225 ^a ± 0.209	0.039 ^b ± 0.047	-0.084 ^a ± 0.081
Equídeos (N)	9	9	4	9	5	9
Min. / Max.	0.205 / -0.365	0.15 / 1.89	0.11 / -0.523	0.243 / -1.693	0.075 / 0.212	-0.395 / 0.45
Média ± DP	-0.157 ^a ± 0.153	0.665 ⁿ ± 0.542	-0.045 ⁿ ± 0.236	-0.407 ^b ± 0.621	0.144 ± 0.097	-0.075 ⁿ ± 0.325
Cavídeos (N)	2	2	2	2	2	2
Min. / Max.	-0.053 / -0.116	0.674 / 0.802	0.351 / -0.556	0.117 / -0.451	-0.09 / 0.131	-0.041 / -0.146
Média ± DP	-0.085 ⁿ ± 0.045	0.738 ⁿ ± 0.091	-0.103 ± 0.642	-0.167 ⁿ ± 0.402	0.021 ⁿ ± 0.156	-0.094 ⁿ ± 0.074

Figura 47 Derivação aVR - Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.



Os valores de amplitude de ondas em aVR, são significativamente diferentes dos obtidos na derivação II, para todas as ondas, nos canídeos ($P<0,01$); para as ondas P, R, T, complexo QRS ($P<0,01$) e onda S ($P<0,05$) no caso dos felídeos. No caso dos equídeos apenas as ondas P e R diferiram significativamente das na derivação II ($P<0,05$). Não houve significância estatística para os valores da amplitude de ondas em I, no caso dos roedores.

Todos os carnívoros domésticos e cavídeos apresentaram onda P (Tabela 17) simples negativa, à exceção de um felino. 89% dos equídeos apresentou uma onda de polaridade negativa.

Nesta derivação, o complexo de despolarização ventricular (Tabela 18), teve polaridade negativa na maioria dos canídeos e felídeos. 3 dos 4 canídeos com morfologia do tipo RS eram do tipo *rS*, sendo um total de 90%, os animais com complexo negativo. Nos felídeos este valor foi de 77% e nos equinos 66% (dois dos RS eram do tipo *rS* e houve um *Qr* (ver anexo). *RSR'* foi a morfologia predominante nos canídeos (73%), e nos felídeos foi QS (48%). Os cavídeos apresentaram ambas as polaridades de QRS.

82% dos canídeos tiveram ondas T (Tabela 19) simples positiva e a maioria (78%) apresentou uma amplitude menor ou igual a 25% da maior deflexão. Nos felídeos, 85% dos indivíduos registou onda simples de polaridade negativa, sendo que 70% do total era superior a 25% da maior deflexão de QRS. Nos equídeos e cavídeos, o resultado foi semelhante a estes últimos, sendo a onda T negativa em 67% dos casos e 89% das vezes, superior a 25% da maior deflexão de QRS em. Ambos os cavídeos apresentaram uma onda T simples negativa e superior a este marco.

Dentro dos valores obtidos para as amplitudes de P, QRS e T, a onda T particularmente, nos equinos, foi aquela que apresentou maior variabilidade da amplitude intraespecífica ($IV=143\%$). A onda P dos felídeos foi deste conjunto, a onda de menor variedade intraespecífica ($IV=9\%$). Das deflexões integrantes do complexo QRS, a primeira deflexão foi aquela que registou maior índice de variabilidade em nos canídeos, felídeos e cavídeos. Os equídeos foram a espécie que apresentou um complexo de amplitude total mais variável ($IV=27\%$) (Figura 48).

Nesta derivação, três canídeos (#25, #35 e #39) e um felino (#28) a apresentar alteração do segmento ST. O primeiro grupo registou elevação com 0,124 mV, 0,16 mV e 0,017 mV, respetivamente. O felino registou a depressão deste segmento em -0,043 mV.

Tabela 17 - Morfologia da onda P, na derivação aVR. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em aVR.

	Derivação aVR							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Morfologia de P								
Simple negativa (-)	22	100	19	95	6	67	2	100
Bífida negativa (-/-)	-	-	-	-	2	22	-	-
Bifásica (+/-)	-	-	-	-	1	11	-	-
Isoelétrica (0)	-	-	1	5	-	-	-	-
Total (espécie)	22	100	20	100	9	100	2	100

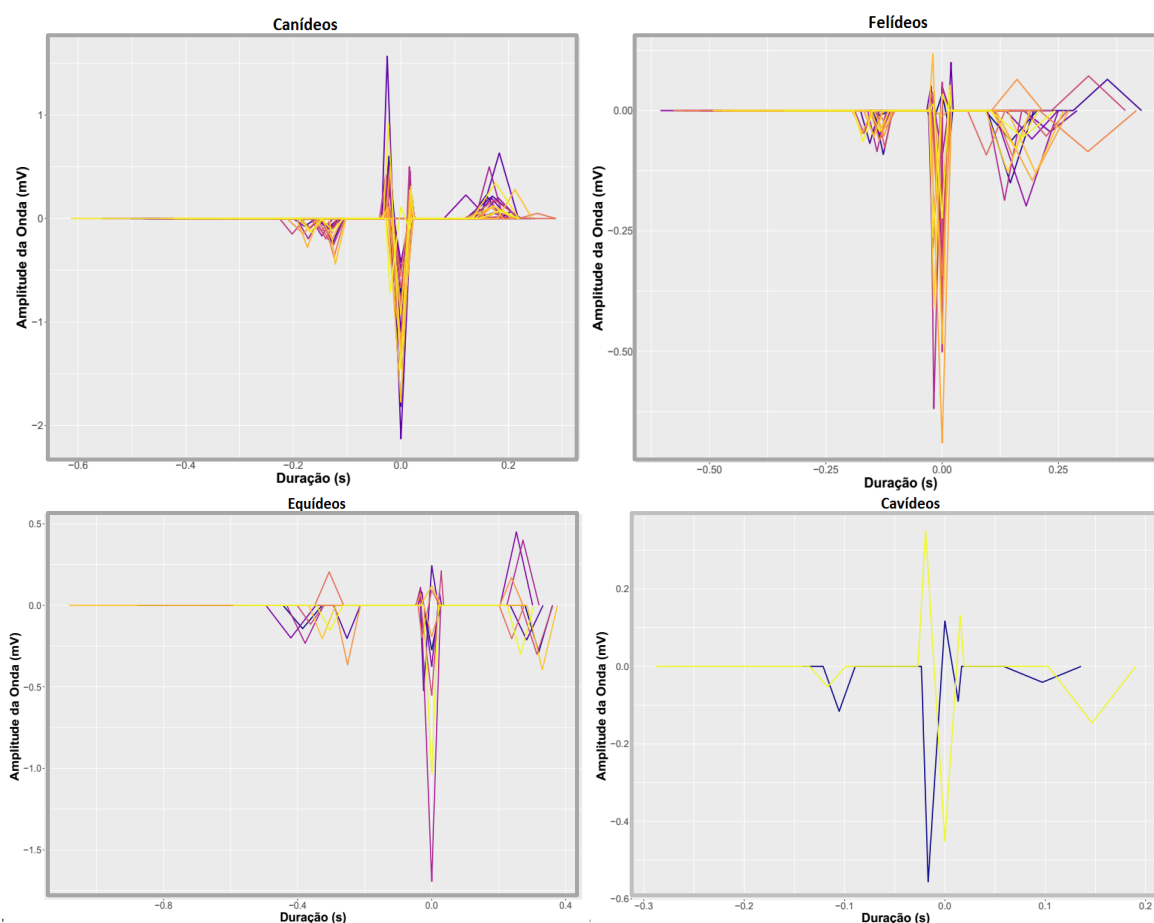
Tabela 18 - Morfologia do complexo QRS, na derivação aVR. Distribuição cardinal e percentual das morfologias do complexo QRS, encontradas nas diferentes espécies em aVR.

	Derivação aVR							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Morfologia de QRS								
QRS	1	5	1	5	-	-	1	50
QS	1	5	10	48	1	11	-	-
QR	-	-	4	19	2	22	-	-
R	-	-	-	-	1	11	-	-
RS	4	18	-	-	3	33	-	-
RSR	16	73	6	29	2	22	1	50
Total (espécie)	22	100	21	100	9	100	2	100

Tabela 19 - Morfologia da onda T, na derivação aVR. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em aVR.

	Derivação aVR							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Morfologia da Onda T								
Simple positiva e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	13	59	-	-	1	11	-	-
Simple negativa e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	5	5	25	-	-	-	-
Simple positiva e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	5	23	1	5	1	11	-	-
Simple negativa e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	12	60	6	67	2	100
Bifásica +/- e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	5	1	5	2	22	-	-
Bifásica +/- e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	2	9	1	5	-	-	-	-
Bífida +/- e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	-	-	1	11	-	-
Total	22	100	20	100	10	111	2	100

Figura 48 Variabilidade intraespecífica do traçado na derivação aVR. Sobreposição dos traçados individuais nas quatro espécies (cada cor é identificativa de um indivíduo diferente)



Variabilidade interespecífica dos traçados da derivação aVR

O gráfico resultante da ACP é apresentado na Figura 49. Em ACP *loadings* foi possível identificar a correlação positiva entre a amplitude do complexo QRS e a onda R-. A posição relativa das ondas integrantes do complexo Q, R e S entre si e em relação à CP1 sugere uma vez mais que a morfologia predominante nesta derivação é negativa (maior deflexão de QRS com *loading* negativo). Correlação negativa entre a amplitude da onda P e onda T.

A CP1 permite justificar 60,16% da variabilidade total e a CP2, 16,00%. Nesta derivação as variáveis R (-0,49) e QRS (0,48) voltam a dominar o CP1, no entanto a direção da sua influencia é oposta. Isto deve-se ao facto, de em aVR, a maior onda de QRS ser predominantemente negativa (tipo RSR ou QS). A CP2 é influenciada em maior escala pela onda P (-0,81).

Nesta derivação destacou-se a diferença entre canídeos e felídeos, ainda que a dispersão dos primeiros seja notória. Os equídeos, contudo, apresentaram-se sobrepostos a ambas as espécies. Os canídeos têm normalmente maiores valores de QRS com ondas R- de maior

amplitude, ao contrário dos felídeos que têm normalmente ondas R- menores. Também é evidente a existência dos maiores valores das ondas R e R' (representadas como aVR-Q e aVR-S) de maior amplitude nos canídeos, o que contribui para os maiores complexos registados. As ondas P nesta derivação são maioritariamente negativas sendo que os felídeos registam as menores amplitudes (seguido dos cavídeos, equídeos e canídeos). Outra diferença que caracteriza esta derivação é predominância de ondas T+ nos canídeos e negativas nos felídeos. É a onda T que justificou a sobreposição dos equídeos com os dois grupos. Uma vez que a maioria apresentou onda T-, da mesma forma que os felídeos, mas existiu três indivíduos com T+ (#18, #20 e #23). Pela relação inversa com P, estes três equinos apresentam ao mesmo tempo, as ondas P- de maior amplitude para a espécie.

A nível individual, o indivíduo #19 apresentou-se deslocado porque é o único indivíduo que, em conjunto com uma onda T- tem valor de P+.

A Figura 50 apresenta o gráfico de sobreposição dos traçados médios padrão das diferentes espécies, em que foi possível verificar algumas das diferenças interespecíficas mencionadas. Os canídeos com a maior amplitude de P média entre as espécies, registaram uma deflexão com -0,178 mV, sendo praticamente o dobro daquela encontrada nos cavídeos. Os felinos com o valor mais baixo, obtiveram uma onda P média de -0,052 mV. Esta relação foi igual para a amplitude de QRS, em que os valores médios máximos e mínimos obtidos foram 1,474 mV e 0,29 mV respetivamente entre canídeos e felídeos. Entre as espécies, a amplitude média da primeira deflexão de QRS foi maior que a amplitude da última deflexão, exceção encontrada nos equinos. A única onda média T com polaridade positiva foi também a de maior amplitude com cerca de 0,182 mV, praticamente o dobro do registado nos cavídeos, que tiveram uma onda de polaridade oposta. A média desta onda foi mais baixa nos equídeos (-0,075 mV) mas foi a mais variável.

Figura 49 Análise de componentes principais para amplitudes de ondas, na derivação aVR. Distribuição dos indivíduos, colorida por espécie, segundo as duas primeiras CP's (esq.) e influência das amplitudes das ondas em aVR, nas respectivas CP's (dir.).

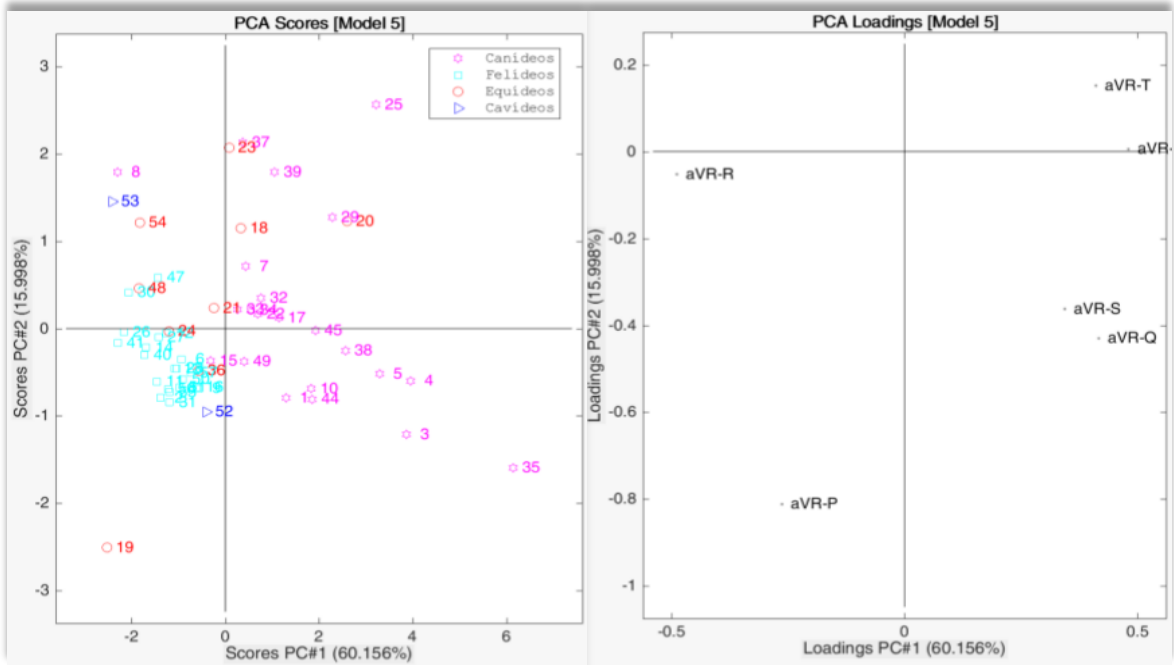
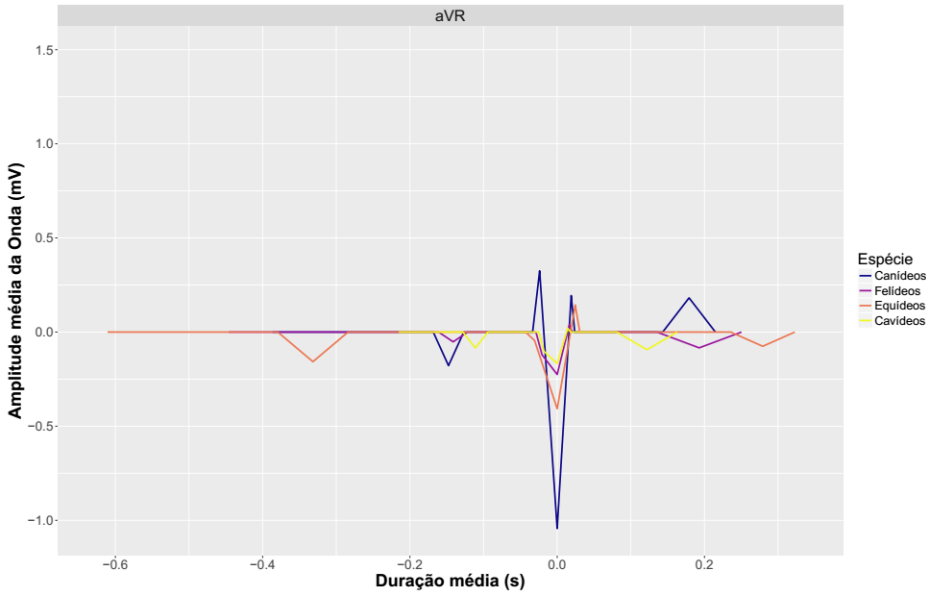


Figura 50 Variabilidade interespecífica do traçado, na derivação aVR. Sobreposição do traçado médio padrão das diferentes espécies em aVR.



4.4.3.5 Derivação aVL

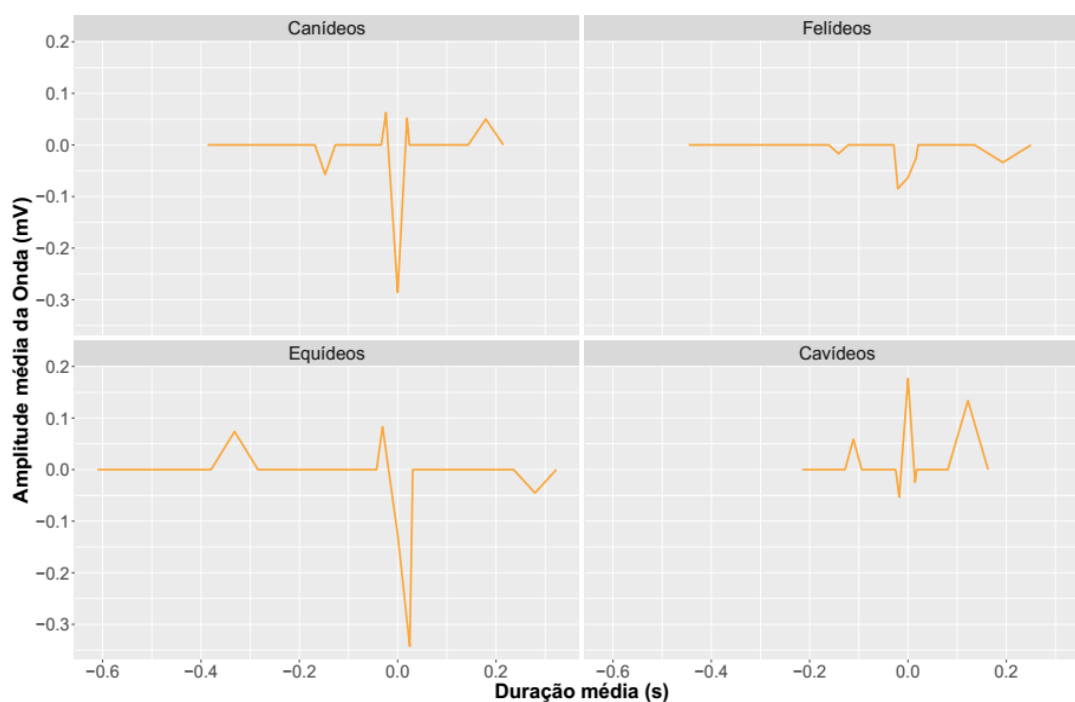
Caracterização quantitativa e qualitativa e variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação aVL

Os valores médios das amplitudes de ondas nesta derivação, podem ser consultados na Tabela 20 e o traçado médio padrão para as espécies na Figura 51.

Tabela 20- Valores obtidos das amplitudes de ondas, na derivação, em aVL. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão dos valores da média da amplitude (mV) das diferentes ondas, encontradas nas diferentes espécies na derivação aVL

Derivação aVL						
Amplitude (mV)	Onda P	Complexo QRS	Menor deflexão anterior	Maior deflexão de QRS	Maior deflexão posterior	Onda T
Canídeos (N)	23	24	19	23	19	23
Min. / Max.	0.033 / -0.198	0.18 / 1.172	0.357 / -0.558	0.753 / -0.898	0.182 / -0.185	-0.19 / 0.233
Média ± DP	-0.057 ^a ± 0.06	0.652 ^a ± 0.258	0.063 ^a ± 0.268	-0.286 ^a ± 0.407	0.052 ^a ± 0.114	0.05 ^b ± 0.103
Felídeos (N)	21	21	11	21	9	21
Min. / Max.	0.055 / -0.063	-0.15 / 0.663	0.091 / -0.492	0.25 / -0.45	0.046 / -0.122	-0.2 / 0.115
Média ± DP	-0.017 ^a ± 0.027	0.215 ^a ± 0.163	-0.085 ⁿ ± 0.161	-0.063 ^a ± 0.191	-0.025 ⁿ ± 0.062	-0.034 ^a ± 0.087
Equídeos (N)	7	9	5	9	4	9
Min. / Max.	-0.067 / 0.237	0.53 / 1.723	-0.074 / 0.28	-0.887 / 0.93	-0.142 / -0.793	0.373 / -0.75
Média ± DP	0.074 ^b ± 0.109	0.83 ⁿ ± 0.362	0.083 ⁿ ± 0.152	-0.126 ^a ± 0.684	-0.343 ⁿ ± 0.304	-0.045 ⁿ ± 0.434
Cavídeos (N)	2	2	2	2	2	2
Min. / Max.	0.059 / 0.064	0.487 / 0.72	0.182 / -0.288	-0.079 / 0.432	0.05 / -0.099	0.134 / 0.228
Média ± DP	0.059 ⁿ ± 0.007	0.487 ⁿ ± 0.33	-0.053 ± 0.332	0.177 ⁿ ± 0.361	-0.0245 ⁿ ± 0.105	0.134 ⁿ ± 0.134

Figura 51 Derivação aVL Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.



Das amplitudes de onda registadas nos canídeos, todas se verificaram significativamente diferentes das apresentadas na derivação II, com $P < 0,01$ em P, Q, R, S e QRS e $P < 0,05$ em T. A onda R e o complexo QRS foram diferentes dos registados em II ($P < 0,01$) também em felídeos e equídeos, tal como a onda P o foi ($P < 0,01$ nos felídeos e $P < 0,05$ nos equídeos). Para além dos canídeos, a onda T foi variou de amplitude nos felídeos ($P < 0,01$).

Nesta derivação, canídeos e felídeos apresentam ondas P (Tabela 21) do tipo simples negativas em 74% e 71% das vezes, respetivamente. Os cavídeos tiveram os dois registos com a mesma morfologia de onda simples positiva. Nos equídeos, a morfologia foi muito variável, no entanto 43% dos animais teve uma onda P positiva, podendo esta, contudo esta ser bífida ou simples.

Nesta derivação aVL, foram encontradas várias formas do complexo QRS (Tabela 22) em todas as espécies. Nos canídeos este complexo assumiu a forma RSR' em 57% dos casos. Nos felídeos, 33% dos indivíduos tiveram um QRS de morfologia *qs* que foi a morfologia mais recorrente. Nos equídeos, cerca de 56% dos animais apresentou morfologia do tipo RS, com polaridade média negativa. Nos cavídeos foram encontrados os dois tipos de morfologia QRS e RSR'.

61% dos canídeos tem onda T (Tabela 23) menor que 25% da maior deflexão de QRS, prevalecendo a polaridade positiva (56%), no caso das ondas simples. 77% dos felídeos apresentam uma onda T maior que 25% da maior deflexão de QRS. As ondas negativas são as mais frequentemente encontradas (62%). Nos equídeos, a totalidade dos indivíduos tem esta onda maior que 25% da maior deflexão, podendo esta ser tanto negativa como bifásica. Ambos os cavídeos apresentaram uma onda T+ e maior que 25% da maior deflexão de QRS.

Em aVL, apenas um canídeo (#39) apresentou alteração do segmento ST, com elevação em 0,08 mV.

Dos valores das amplitudes de P, QRS e T, obtidos entre indivíduos da mesma espécie, verificou-se que a onda P foi muito variável nos carnívoros e equídeos. A onda T foi a onda mais variável de todas as ondas, particularmente em equídeos (IV=319%) e felídeos (IV=56%). De todas as deflexões integrantes do complexo QRS, a primeira deflexão foi aquela que mais variou entre os canídeos, a maior deflexão do complexo foi a que mais variou entre os equídeos. Nos felídeos todas as deflexões foram muito variáveis (Figura 52).

Tabela 21 - Morfologia da onda P na derivação aVL. - Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda P, encontradas nas diferentes espécies em aVL.

Morfologia de P	Derivação aVL							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Simples positiva (+)	5	22	4	19	1	14	2	100
Simples negativa (-)	17	74	15	71	1	14	-	-
Bífida positiva (+/+)	-	-	-	-	2	29	-	-
Bífida negativa (-/-)	-	-	-	-	1	14	-	-
Bifásica (-/+)	-	-	-	-	2	29	-	-
Isoelétrica (0)	1	4	2	10	-	-	-	-
Total (espécie)	23	100	21	100	7	100	2	100

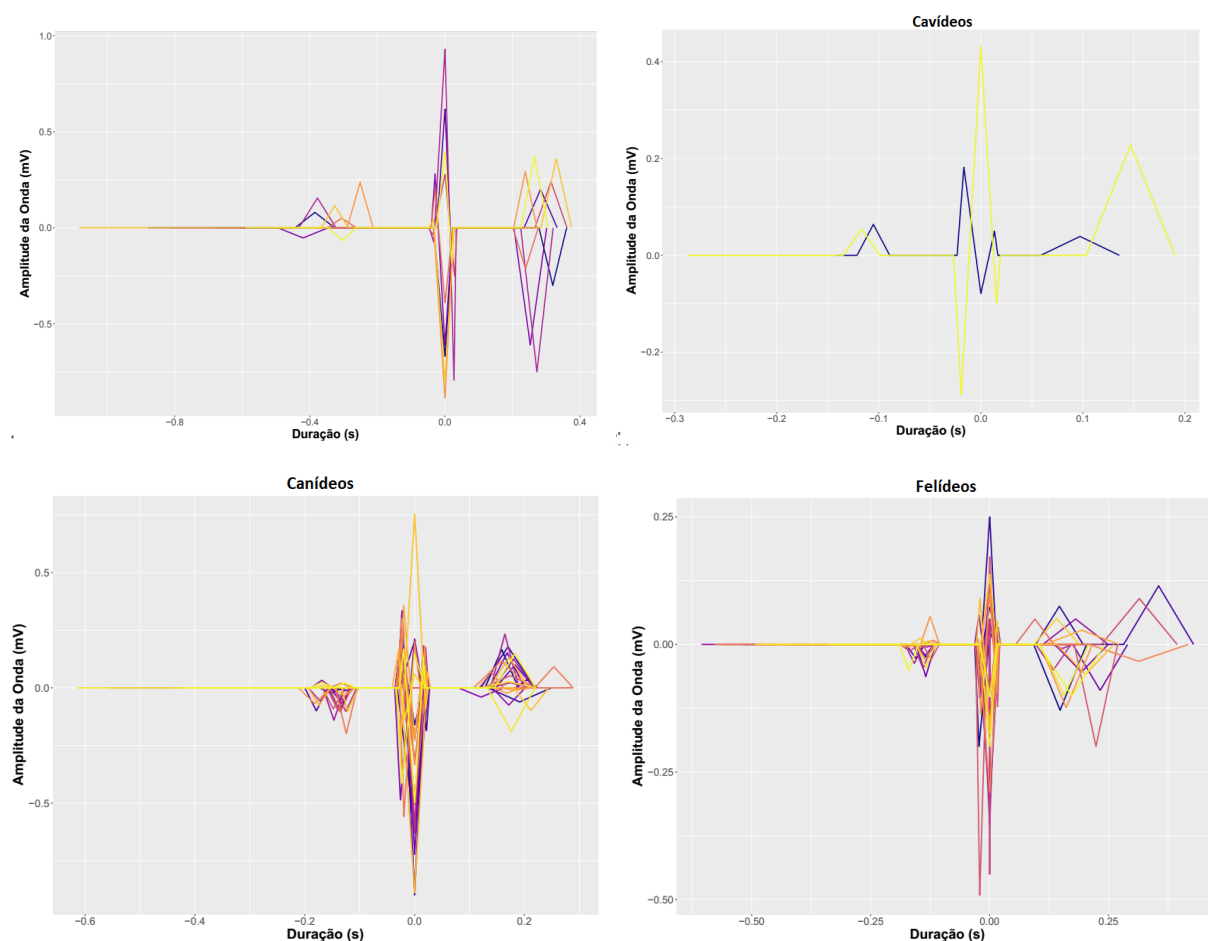
Tabela 22 - Morfologia do complexo QRS na derivação aVL. Distribuição cardinal e percentual das morfologias do complexo QRS, encontradas nas diferentes espécies em aVL.

Morfologia de QRS	Derivação aVL							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>QRS</i>	3	13	4	19	2	22	1	50
<i>QS</i>	1	4	7	33	2	22	-	-
<i>QR</i>	2	9	3	14	-	-	-	-
<i>R</i>	-	-	2	10	-	-	-	-
<i>RS</i>	4	17	1	5	5	56	-	-
<i>RSR</i>	13	57	4	19	-	-	1	50
Total (espécie)	23	100	21	100	9	100	2	100

Tabela 23 Morfologia da onda T na derivação aVL. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em aVL.

Morfologia da Onda T	Derivação aVL							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Simples positiva e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	6	26	1	5	-	-	-	-
Simples negativa e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	6	26	3	14	-	-	-	-
Simples positiva e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	7	30	5	23	1	11	2	100
Simples negativa e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	4	10	45	4	44	-	-
Bifásica +/- e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	2	9	2	9	-	-	-	-
Bifásica +/- e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	-	-	4	4	-	-
Isoelétrica	1	4	1	4	-	-	-	-
Total (espécie)	23	99	22	100	9	100	2	100

Figura 52 Variabilidade intraespecífica do traçado, na derivação aVL. Sobreposição dos traçados individuais nas quatro espécies (cada cor é identificativa de um indivíduo diferente)



Variabilidade interespecífica dos traçados da derivação aVL

O gráfico resultante da ACP é apresentado na Figura 53. A CP1 diferencia os indivíduos quanto ao valor de S (-0,58) e R (0,53), já CP2 fá-lo quanto ao valor de QRS (0,67).

Nesta derivação a distinção entre espécie não foi clara, havendo uma dispersão entre valores de espécies diferentes relativamente entrecruzada. Ainda assim com base na análise da coloração de cada espécie, os felídeos em média apresentaram uma onda R- de menor amplitude (a par dos cavídeos). Os equídeos por sua vez destacaram-se ligeiramente dos carnívoros por apresentarem maiores valores de QRS e P. A nível individual, o #20 é um valor extremo da espécie uma vez que apresenta uma amplitude de QRS superior devido não

apenas à maior onda R+, mas também uma onda S- de grande amplitude. O canídeo #37 apresentou uma onda R- e P- de maior amplitude do que os restantes da mesma espécie.

Na Figura 54, a sobreposição dos traçados em aVL das diferentes espécies, foi de encontro aos resultados obtidos pela ACP, permitindo-se verificar a amplitude aproximada dos complexos QRS médios das espécies. As amplitudes foram o resultado dos reduzidos valores da onda S, particularmente nos canídeos que nesta derivação registaram um complexo médio com cerca de 0,652 mV de amplitude global. O maior valor médio de QRS como mencionado foi nos equinos com 0,83 mV e o menor foi nos felídeos (0,215 mV). Quanto à onda P as amplitudes médias foram aproximadas entre canídeos e cavídeos, ainda que de polaridades inversas. Os equinos e felinos foram responsáveis também em relação a esta onda pelos valores médios inter-espécie mais extremos, com 0,074 mV e -0,017 mV. Os cavídeos apresentaram a onda T de maior amplitude (0,134 mV), enquanto que as restantes espécies, obtiveram valores também eles muito aproximados.

Figura 53 Análise de componentes principais para amplitudes de ondas, na derivação aVL. Distribuição dos indivíduos, colorida por espécie, segundo as duas primeiras CP's (esq.) e influência das amplitudes das ondas em aVL, nas respetivas CP's (dir.).

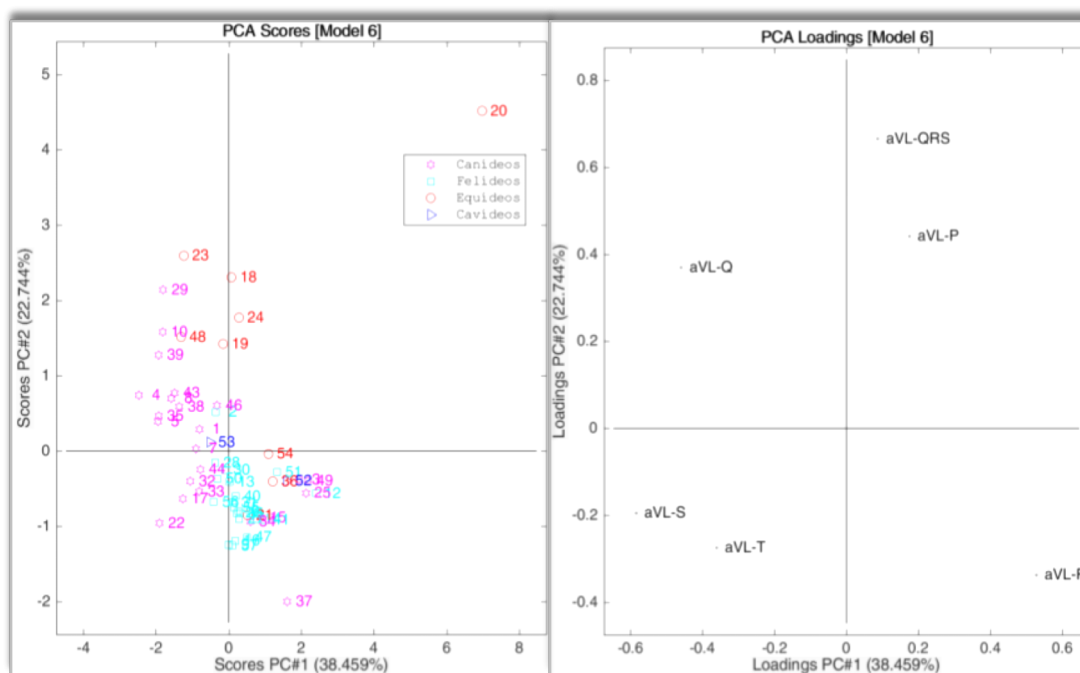
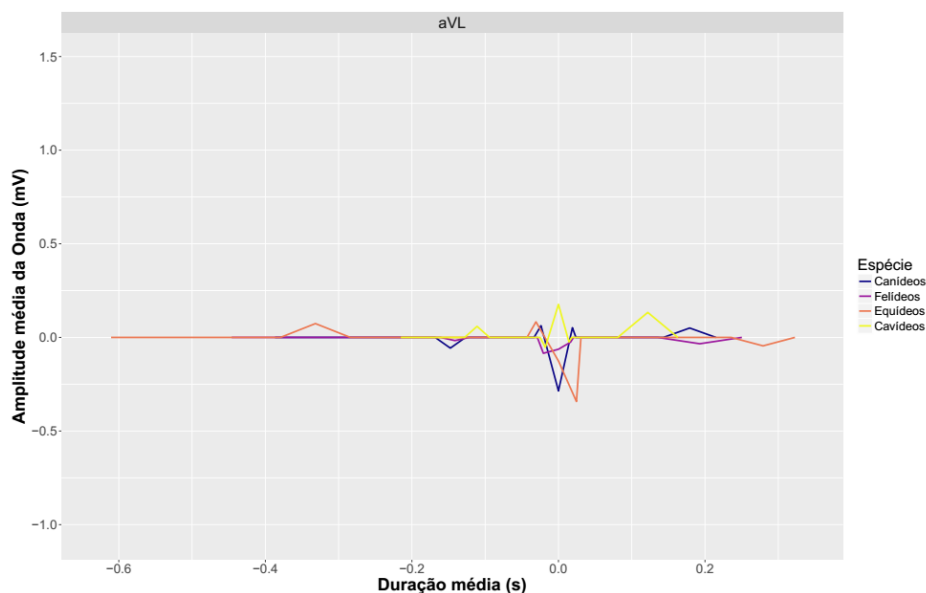


Figura 54 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação aVL. Sobreposição do traçado médio padrão das diferentes espécies em aVL.



4.4.3.1 Derivação aVF

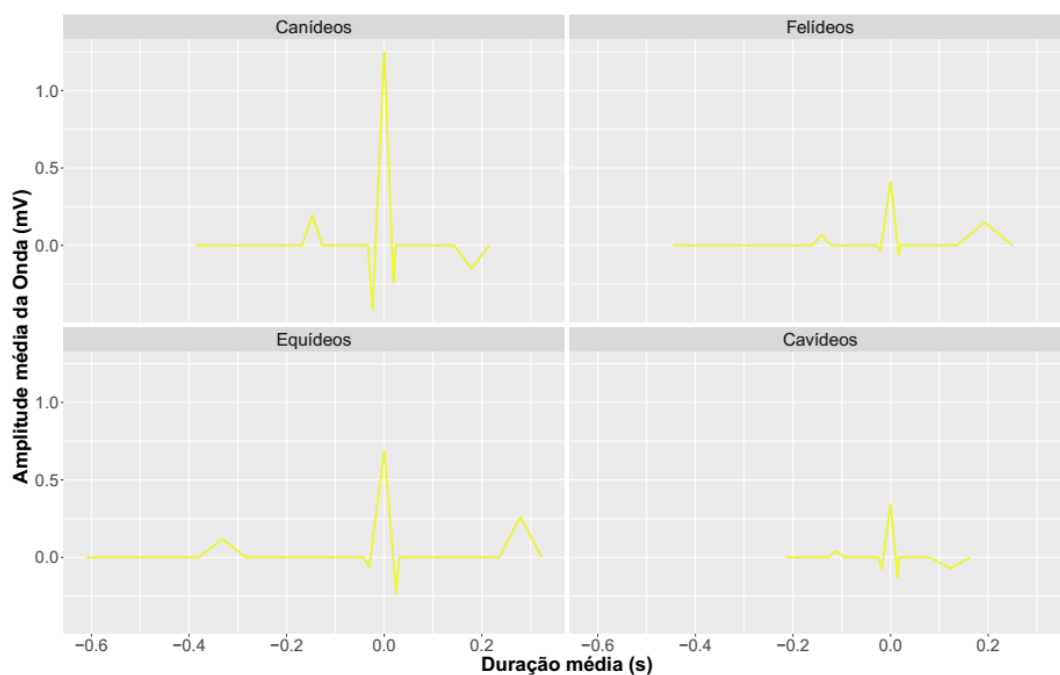
Caracterização quantitativa e qualitativa e variabilidade intraespecífica dos traçados da derivação aVF

Os valores médios das amplitudes de ondas nesta derivação, são apresentados na Tabela 24 e o traçado médio padrão para as espécies na Figura 55. A amplitude das ondas médias P, Q, R e T é significativamente diferente da registada na derivação II nos canídeos ($P < 0,01$). Nos felídeos e equídeos a onda P foi a única onda a diferir da amplitude de P em II ($P < 0,05$ e $P < 0,01$ respetivamente).

Tabela 24 - Amplitudes de onda na derivação aVF. Mínimo e máximo, média e desvio-padrão dos valores da média da amplitude (mV) das diferentes ondas, encontradas nas espécies em estudo em aVF.

Derivação aVF						
Amplitude (mV)	Onda P	Complexo QRS	Menor deflexão anterior	Maior deflexão de QRS	Maior deflexão posterior	Onda T
Canídeos (N)	23	23	22	23	19	22
Min. / Max.	0.045 / 0.5	0.677 / 3.3	-0.5 / -1.373	0.545 / 1.928	0.163 / -0.562	0.24 / -0.595
Média ± DP	0.195 ^a ± 0.115	1.689 ^a ± 0.662	-0.411 ^a ± 0.315	1.248 ^a ± 0.172	-0.242 ⁿ ± 0.172	-0.151 ⁿ ± 0.233
Felídeos (N)	20	21	9	21	15	21
Min. / Max.	0 / 0.113	0.062 / 1.015	0.111 / -0.167	-0.05 / 0.989	0.041 / -0.267	-0.017 / 0.423
Média ± DP	0.069 ^b ± 0.03	0.460 ⁿ ± 0.276	-0.031 ⁿ ± 0.072	0.410 ⁿ ± 0.268	-0.063 ⁿ ± 0.07	0.148 ⁿ ± 0.09
Equídeos (N)	9	9	4	9	1	9
Min. / Max.	0.07 / 0.207	0.285 / 1.147	-0.053 / -0.083	0.055 / 1.087	-0.23	0.16 / 0.41
Média ± DP	0.119 ^a ± 0.044	0.756 ⁿ ± 0.277	-0.063 ⁿ ± 0.014	0.688 ⁿ ± 0.315	-0.23	0.261 ⁿ ± 0.095
Cavídeos (N)	2	2	1	2	2	1
Min. / Max.	0 / 0.79	0.304 / 0.636	-0.072	0.162 / 0.521	-0.116 / -0.141	-0.072
Média ± DP	0.04 ⁿ ± 0.056	0.47 ⁿ ± 0.235	-0.072	0.342 ⁿ ± 0.254	-0.129 ⁿ ± 0.018	-0.072

Figura 55 Derivação aVF - Traçado médio padrão, correspondente a um ciclo cardíaco, nas quatro espécies.



A totalidade dos canídeos apresentou uma onda P (Tabela 25) simples positiva, tal como a maioria (95%) dos felídeos. Nos equídeos, todos os indivíduos apresentaram onda de polaridade positiva, sendo as ondas bífidas +/+ encontradas em maior número (56%).

Nesta derivação predominaram complexos QRS de polaridade positiva em todas as espécies. Nos canídeos a morfologia de QRS (Tabela 26) mais frequente foi *qrs* e nos felídeos foi *Rs*. Nos equídeos, as morfologias *qR* e *R* estiveram representadas na mesma percentagem.

Cerca de 69% dos canídeos teve onda T (Tabela 27) menor que 25% do QRS. A onda simples negativa foi a mais frequente (82%) entre os indivíduos desta espécie. 72% dos felídeos teve onda T maior que 25% da maior deflexão de QRS, e em 91% do total da espécie foi simples positiva. A maioria (88%) dos equídeos teve onda T maior que 25% de QRS e positiva. Em ambos os cavídeos, a onda T encontrada foi negativa e menor que o valor de comparação.

Nesta derivação, dois canídeos (#35 e #39) e um felino (#28) apresentaram alteração do segmento ST. #28 e #35 registaram ST com 0,05 e 0,213 mV de amplitude, respetivamente. #39 teve uma depressão de -0,188 mV.

Dos valores das amplitudes de P, QRS e T, obtidos, verificou-se que a onda T nos canídeos foi o parâmetro de maior variabilidade entre os indivíduos desta espécie (IV=33%), devido à variação da polaridade de onda entre os animais. Nas restantes espécies, a variabilidade intraespecífica das amplitudes de ondas foi pequena. Apenas a primeira deflexão de QRS nos felídeos apresentou um índice de variabilidade elevado (76%) (Figura 56).

Tabela 25 - Morfologia da onda P, na derivação aVF. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda P, encontradas nas diferentes espécies em aVF.

	Derivação aVF							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
Morfologia de P	N	%	N	%	N	%	N	%
Simple positiva (+)	23	100	19	95	3	33	1	50
Bífida positiva (+/+)	-	-	-	-	5	56	-	-
(++/+)	-	-	-	-	1	11	-	-
Isoelétrica (0)	-	-	1	5	-	-	1	50
Total (espécie)	23	100	20	100	9	100	2	100

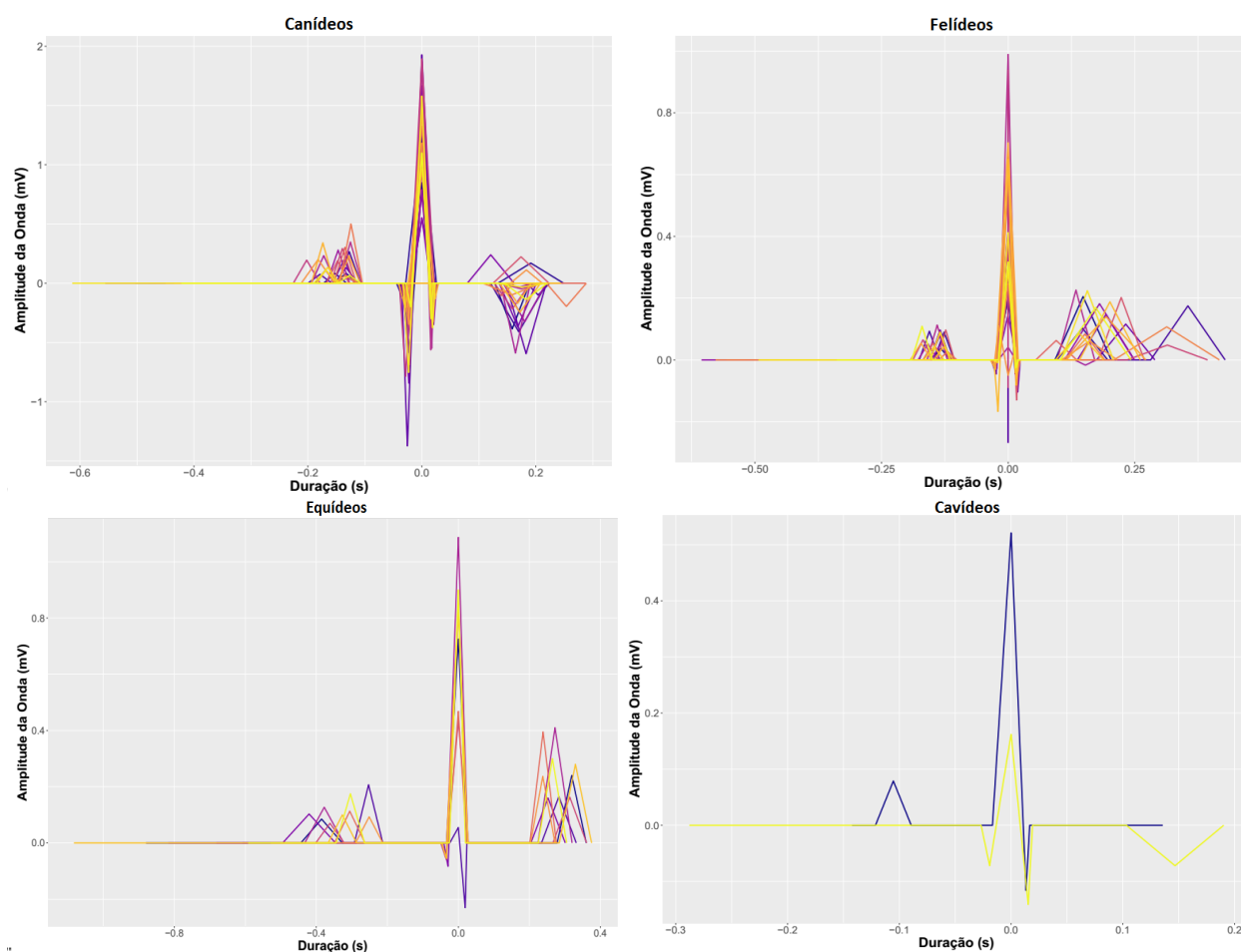
Tabela 26- Morfologia do complexo QRS, na derivação aVF. Distribuição cardinal e percentual das morfologias do complexo QRS, encontradas nas diferentes espécies em aVF.

Morfologia de QRS	Derivação aVF							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
QRS	18	78	7	33	-	-	1	50
QR	4	17	1	5	4	44	-	-
R	-	-	5	24	4	44	-	-
RS	1	4	7	33	1	11	1	50
RSR	-	-	1	5	-	-	-	-
Total (espécie)	23	100	21	100	9	99	2	100

Tabela 27 - Morfologia da onda T, na derivação aVF. Distribuição cardinal e percentual das morfologias da onda T, encontradas nas diferentes espécies em aVF.

Morfologia da Onda T	Derivação aVF							
	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Simple positiva e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	6	29	-	-	-	-
Simple negativa e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	12	55	0	-	-	-	-	-
Simple positiva e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	13	62	7	88	-	-
Simple negativa e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	6	27	1	5	-	-	1	100
Bifásica -/+ e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	3	14	-	-	-	-	-	-
Bifásica +/- e $\leq 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	-	-	1	13	-	-
Bifásica -/+ e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	1	5	1	5	-	-	-	-
Bífida +/- e $> 25\%$ da maior deflexão de QRS	-	-	-	-	1	13	-	-
Total (espécie)	22	100	21	100	8	100	1	100

Figura 56 Variabilidade intraespecífica do traçado, na derivação aVF. Sobreposição dos traçados individuais nas quatro espécies (cada cor é identificativa de um indivíduo diferente)



Variabilidade interespecífica dos traçados da derivação aVF

O gráfico resultante da ACP é apresentado na Figura 57. A relação entre as diferentes variáveis (ACP *loadings*) indicou uma relação tendencialmente negativa entre as amplitudes de P e S. Correlação estreita entre a amplitude total de QRS e R. Ausência de correlação entre a amplitude de P e da onda T.

A CP1 explica 58,97% da variabilidade existente e a CP2 explica 17,17%, apresentando o QRS a maior influência na diferença entre espécies (0,51). Na CP2 a onda S (0,68) e onda Q (-0,52) permitem explicar a direção com a segunda maior variabilidade de dados.

Nesta derivação, é possível distinguir claramente dois grandes conjuntos de dados que se distinguem quanto às amplitudes de ondas. A CP1 permite distinguir os canídeos das restantes espécies por terem maiores valores de QRS. Dentro dos canídeos distinguem-se dois grandes grupos, um com ondas Q- de grande amplitude e outro com ondas P+ e S- elevadas. Os

canídeos com posição mais central #17, #34, #33, #46 e #49 apresentaram ondas T bifásicas (ondas de maior amplitude total). Os felídeos distinguem-se dos equídeos, pelos menores valores de S- e menores valores de P+. Os cavídeos não são distinguíveis dos felídeos nesta derivação.

A sobreposição dos traçados médios espécie-específico em aVF, deu origem a um gráfico (Figura 58), que vai de encontro aos resultados obtidos pela ACP, donde se pode constatar os maiores valores médio de QRS dos canídeos com cerca de 1,689 mV, seguindo-se os equídeos com 0,756 mV, os cavídeos com 0,47 e por último os felídeos com 0,460 mV de amplitude. Os equídeos apresentaram uma amplitude de P que foi quase o dobro da obtida nos felídeos (0,119 mV e 0,069 mV respetivamente). O maior valor médio máximo e mínimo de P foram registados por ordem, nos canídeos e cavídeos correspondendo a 0,195 mV e 0,04 mV. Os equídeos tiveram o maior valor de T (0,16 mV) e o menor pertenceu aos cavídeos (-0,072 mV).

Figura 57 Análise de componentes principais para amplitudes de ondas, na derivação aVF. Distribuição dos indivíduos, colorida por espécie, segundo as duas primeiras CP's (esq.) e influência das amplitudes das ondas em aVF, nas respetivas CP's (dir.).

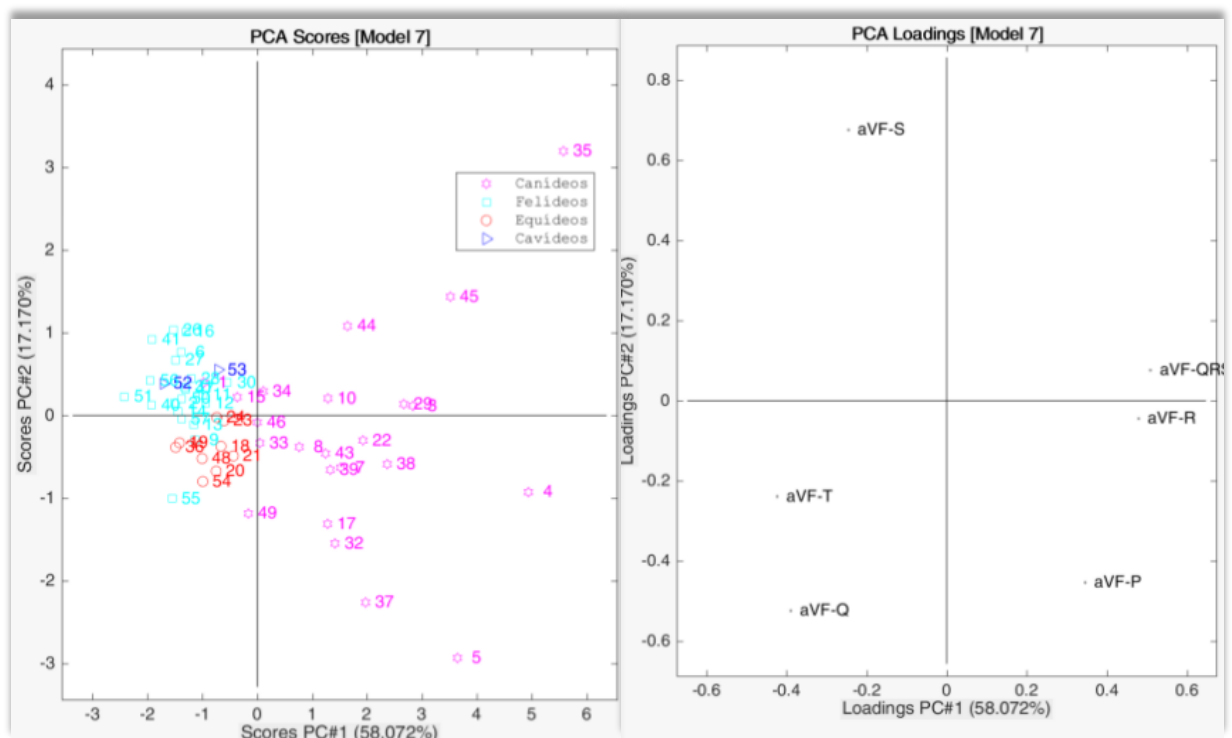
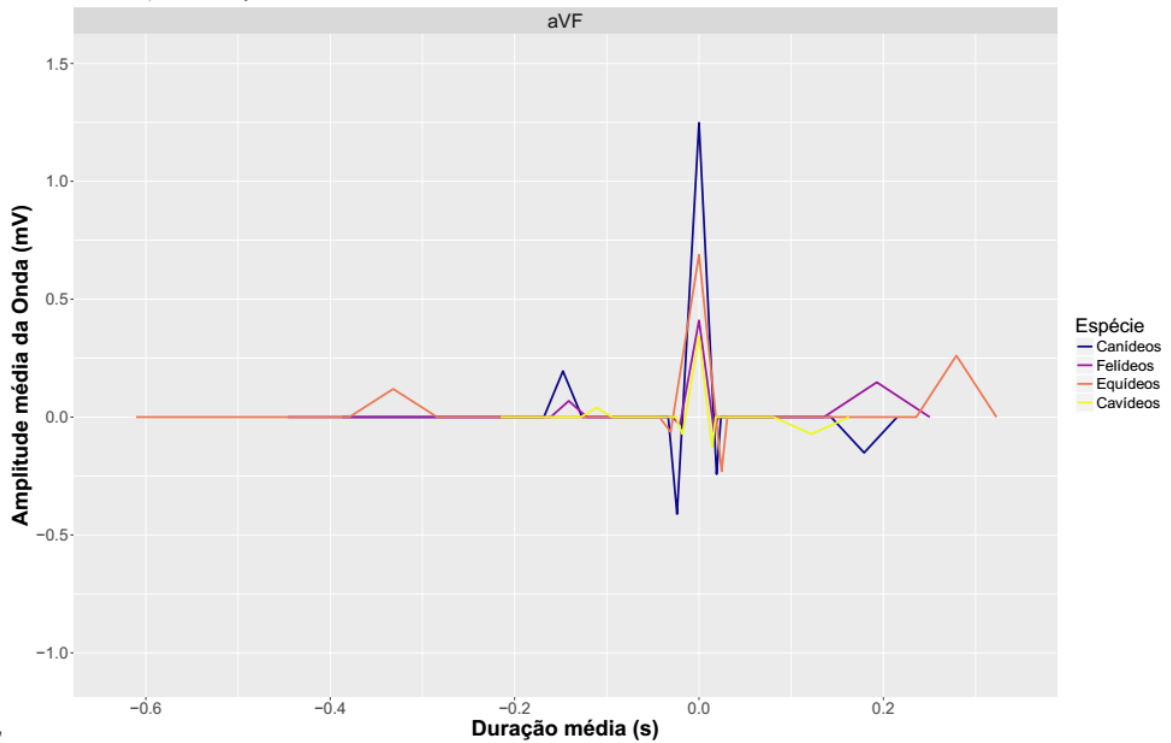


Figura 58 Variabilidade interespecífica do traçado na derivação aVF. Sobreposição do traçado médio padrão das diferentes espécies em aVF, com sobreposição de espécies.



4.4.4 Atipia morfológica

Dos indivíduos analisados, foi verificada a existência de complexos QRS com entalhe em pelo menos uma das derivações, em 16% dos canídeos, 43% dos felídeos analisados e na totalidade dos cavídeos existentes. Nenhum dos equídeos foi identificado com fQRS.

4.4.5 Eixo elétrico médio

Os resultados apurados referentes à orientação do EEM no plano frontal, estão expressos na Tabela 28.

O intervalo de 60° a 90° foi o intervalo mais encontrado mais encontrado em 68% dos indivíduos da espécie canina, sendo apenas dois os indivíduos a apresentarem um eixo fora deste intervalo. Também nos felinos este intervalo foi o mais prevalente, tendo sido encontrado em 62% dos indivíduos. Seguiu-se a este, o intervalo 60° a 90° com a maior representação nestas espécies. Foram com isto, 94% dos canídeos e 86% dos felídeos, aqueles que tiveram o seu EEM situado no quadrante inferior esquerdo do sistema de derivações hexaxial. O EEM mais encontrado entre os equídeos (44%) esteve situado no quadrante inferior direito, mais precisamente no intervalo 90° a 120°, mas esta foi, no entanto, a espécie em que o intervalo de orientação do eixo elétrico foi mais amplo. Os dois cavídeos apresentaram um EEM de 15° e 45°.

Tabela 28 - Intervalos EEM por espécie

Intervalo EEM	Canídeos		Felídeos		Equídeos		Cavídeos	
	N	%	N	%	N	%	N	%
] + 60°; + 90°]	17	68	13	62	1	11	-	-
] + 30°; + 60°]	6	25	4	19	3	33	1	50
] + 90°; + 120°]	1	4	3	14	4	44	-	-
] 0°; + 30°]	-	-	1	5	-	-	1	50
] 0°; - 30°]	-	-	-	-	1	11	-	-
Total (espécie)	24	96	21	100	9	99	2	100

4.5 Discussão dos Resultados

4.5.1 Frequência cardíaca

O valor médio registado nos equídeos para a FC (73 bpm), encontra-se acima do valor do intervalo normal para um ritmo sinusal normal em indivíduos adultos em repouso (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon, 2010). Todos os indivíduos à exceção do #48, apresentaram um ritmo regularmente regular e superior a 50 bpm. Todos eles registaram com isto, taquicardia sinusal, possivelmente relacionada com algum stress associado à contenção física que foram sujeitos no momento do exame (Melchert, Laposy, Guasi, Valle, & Santos, 2012). Os valores de referência para a FC em canídeos estão dentro do intervalo de referência para a espécie, em indivíduos adultos e conscientes (70-140 bpm). Ao contrário do registado, no estudo de Picker et al. (2001) que sugere que agentes anestésico inalatórios, entre os quais o Isoflurano provocam o aumento da FC. O seu efeito é contudo dose-dependente, podendo altas doses deste anestésico provocar uma diminuição da FC (Yang, Yu-Chih Chen, Chen, & Cheng, 2014). Um indivíduo (#38) teve FC um pouco acima do limite superior (163 bpm). Isto poder-se-á possivelmente justificar com base na resposta adrenérgica a um estímulo cirúrgico decorrente de um procedimento nódico e invasivo (correção de fratura do fémur). Pequenas variações na FC podem ocorrer durante um procedimento anestésico, num mesmo plano anestésico, sendo isto dependente do da intensidade do estímulo executado e portanto da técnica operada (Latson & O'Flaherty, 1993). Ambas as outras espécies submetidas a anestesia geral com Isoflurano (felídeos e cavídeos) apresentaram por oposição aos canídeos, uma redução significativa dos valores normais de FC para a espécie. Nos cavídeos, a FC média dos dois indivíduos foi de cerca 197 bpm. Este valor foi substancialmente menor do que aquele encontrado normalmente em indivíduos acordados (323 bpm), segundo Pratt (1938) e Zeman & Wilber (1965), ou mesmo do que o encontrado em indivíduos anestesiados com uretano a 30% (312 bpm), de acordo com (G;

Ciešlar, Sieron, et al., 1986). Isto é válido mesmo no indivíduo jovem e com maior FC, que apresentou 257 bpm. No estudo de (Zeman & Wilber, 1965) e (Botelho et al., 2016) não foi demonstrada a existência de correlação entre a FC e o PV, pelo que nos cavídeos a principal diferença entre as FC registradas nos dois indivíduos, será atribuída à idade. À execução de três indivíduos (#11, #27, #30) que tiveram FC dentro dos valores de referência, todos os felídeos registraram FC muito abaixo do esperado (Larry P. Tilley, 1992). Ainda assim todos tinham ritmo regularmente regular, bradicardia. Os felídeos são particularmente suscetíveis aos efeitos depressores cardiovasculares dos anestésicos voláteis. Um estudo avaliou os efeitos hemodinâmicos de sistemas de infusão controlada de Dexmedetomidina em gatos anestesiados com Isoflurano e constatou-se entre outros efeitos, a diminuição da CAM (concentração alveolar mínima) de Isoflurano e da FC. Estes efeitos são dose-dependentes e resultam da interação dos dois fármacos (Pypendop, Barter, Stanley, & Ilkiw, 2011). Apesar dos felinos em estudo, terem recebido apenas uma dose única pré-anestésica deste α_2 -agonista, esta poderá ter sido suficiente para desencadear um efeito depressor mediado pelo reflexo baro-recetor em resposta ao aumento da pressão sanguínea, por sua vez consequente à ativação dos recetores alfa-2adrenérgicos (Kästner, Sabine; Pang, 2016). No caso dos felídeos a administração da Quetamina é concomitante com administração da Dexmedetomidina. A primeira apresenta um efeito depressor direto no miocárdio originando um estado hipotensivo, a que se segue um efeito compensatório com aumento moderado e leve respetivamente, da FC (Kästner, Sabine; Pang, 2016). Apesar desta ação estimulante e, dado a sensibilidade particular desta espécie à ação do Isoflurano, a pré-medicação não terá sido suficiente para compensar o efeito depressor da Dexmedetomidina. A um indivíduo (#55) não foi mensurado a FC, uma vez que registou *sinus arrest*. Este achado não é comum, mas pode ocorrer em gatos anestesiado (Larry P. Tilley, 1992). Apesar de ter um ritmo irregular com pausas que excediam o dobro do intervalo RR, apresentou um PR regular, P e QRS de conformação e dimensão normal, foi incluído no estudo, dado tratar-se de um indivíduo saudável. Um estudo conduzido em chinchilas, comparou entre outros efeitos, aqueles registados na FC, entre um grupo anestesiado com Isoflurano e outro grupo anestesiado com a combinação Quetamina-Dexmedetomidina. No primeiro grupo não foi registada alteração da FC, ao contrário do que ocorreu no segundo em que esta diminuiu (L. Fox, Snyder, & Mans, 2016). Dada a proximidade desta família de roedores com os cavídeos poder-se-á deduzir que o mesmo efeito tenha ocorrido nos dois indivíduos analisados. Desta forma se poderá justificar os menores valores de FC registados nos felídeos e cavídeos, com a ação sinérgica dos agentes anestésicos e pré-anestésicos administrados, e que mascara os efeitos simpático-miméticos da Quetamina.

A Figura 30 e a Figura 31 demonstraram ainda como seria de esperar, a relação inversa entre a FC e o intervalo RR e PP.

4.5.2 Duração dos parâmetros eletrocardiográficos

Onda P

Os carnívoros apresentaram valores semelhantes da duração da onda, sendo $0,041 \pm 0,004$ s nos canídeos e $0,039 \pm 0,002$ s nos felídeos. Não se distinguindo quanto à duração desta onda (ver ACP Figura 32 – esq.). No caso dos canídeos, estes valores estarão de acordo com os valores de referência (0,04 s para cães de pequeno porte e 0,05 s para cães de grande porte) segundo Tilley (1992), Nelson (2003), Cote (2010) e Goodwin (2002) [citado em (Correa, 2005)], dada a heterogeneidade da amostra em termos do peso. Sete dos indivíduos (#3, #4, #15, #17, #32, #43 e #45) apresentaram valores de duração de P superior a 0,04 s, contribuindo para incrementar o valor médio obtido. Seis destes animais eram de grande porte (todos exceto #4), apresentando um peso médio de 26 kg (acima da idade média amostral, 20 kg). Um indivíduo (#4) com 4,5 kg de PV, apresentou uma duração de P na ordem dos 0,043 s, tinha 17 anos de idade (canídeo com maior idade). Pelo contrário, os três (#33, #46 e #49) indivíduos mais pesados (média de 50 kg), e com idades na média próximas da idade média amostral, tiveram valores até 0,04 s. Parece, pois, haver uma influência da idade na duração da onda P. Também o PV parece ter efeito na duração de P, apesar dos resultados obtidos para os indivíduos #33, #46 e #49. Estas relações foram verificadas em dois estudos levados a cabo em cães rafeiros (Avizeh, Papahn, Ranjbar, Rasekh, & Molaei, 2010) e de raça Mastín Español (Bernal, Montes, Palacio, & Panizo, 1995), em que indivíduos mais velhos e indivíduos com maior PV, apresentavam maiores valores da duração de P. Tal ocorrência está relacionada com o processo natural de envelhecimento que passa muitas vezes pela substituição de células apoteóticas do miocárdio por tecido fibroso e pelo aumento do tecido conjuntivo no seio do interstício cardíaco, resultando isto no retardamento da condução atrial, mas também ventricular (Oliveira, Santos, Melo, Larangeira, & Barrouin-Melo, 2013; Soto-Bustos, Caro-Vadillo, Martínez-De-Merlo, & Alonso-Alegre, 2017). Também é de ter em conta o efeito raça, o estudo de Mukherjee et al. (2015) prova a existência de diferença estatística entre diferentes raças no que refere à duração de P. No caso dos felídeos, o valor de referência (0,04 s) (O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992) encontra-se dentro do intervalo de confiança obtido para a espécie, sendo que apenas dois indivíduos #9 e #27, com 11 e 17 anos respetivamente apresentaram valores ligeiramente acima de 0,04 s (0,042 e 0,041 s respetivamente). No grupo dos equídeos, o valor médio obtido foi de $0,095 \pm 0,025$ s, indo também de encontro ao valor estabelecido para espécie (0,11 s). ainda que, de acordo com os valores encontrados na literatura para a raça estudada (Triguiño, 2011). Apesar disso, os

equídeos foram a única espécie em que houve variação significativa da duração de P entre os indivíduos do grupo (ver ACP Figura 32– esq.), e foram aquela com maior duração média desta onda. Tal facto estará relacionado com a existência de morfologia distintas de P (ondas simples e bífidas ou bifásicas) que resultou na maior variabilidade da duração deste parâmetro e no incremento do seu valor médio, em relação às restantes espécies. Para os cavídeos obteve-se o valor médio de $0,034 \pm 0,003$ s estando este valor muito acima dos $0,016$ s referidos no estudo de Pratt (1938b). De considerar, que diferentemente da pequena amostra utilizada no presente estudo, os indivíduos utilizados no estudo de Pratt (1938b) estavam conscientes e sujeitos a grande restrição física. Um outro estudo contudo, conduzido em machos adultos, sujeitos a anestesia geral com uretano (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986), apresentou uma duração média de $0,025 \pm 0,004$ s, aproximando-se este valor uma pouco mais, daquele obtido. Ainda assim, este valor está fora do intervalo de referência obtido.

Complexo QRS

O valor médio da duração do complexo QRS em canídeos foi de $0,057 \text{ s} \pm 0,008 \text{ s}$, estando este valor situado entre os máximos definidos para canídeos conscientes de pequeno e grande porte (Larry P. Tilley, 1992) Os equídeos apresentaram o valor médio ($0,074 \text{ s} \pm 0,01 \text{ s}$) dentro dos limites referidos para a espécie, mas abaixo da média estabelecida para a raça ($0,09 \text{ s}$) (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon, 2010; Triguinho, 2011). Já por contrário, felídeos e cavídeos obtiveram valores médios fora do intervalo de confiança, devido aos elevados valores de QRS registados. Nos felídeos a duração média de QRS foi $0,051 \text{ s} \pm 0,007 \text{ s}$, tendo sido justamente $0,04 \text{ s}$, o menor valor registado entre os indivíduos avaliados. Nos cavídeos, a duração média foi de $0,043 \text{ s} \pm 0,004 \text{ s}$, muito acima dos $0,013 \text{ s}$, referidos na literatura para animais acordados, ou dos $0,026 \text{ s}$ definidos em animais sujeitos sob efeito do uretano (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986). A variação dos valores do complexo ocorre assim de forma similar à evolução da relação entre o intervalo PR e a FC. Isto indica que existe uma certa dependência da duração de QRS da FC, apesar da influência não ser tão linear como a registada nos intervalos entre ondas. Os equídeos foram a espécie onde a variabilidade intraespecífica dos indivíduos no que refere à duração do complexo foi maior (ver PCA 33 - meio). Este facto vai de encontro ao referido na literatura (Schwarzwald et al., 2012), que indica uma correlação positiva da duração do complexo com a FC, nesta espécie em particular. Dado que os equídeos pouco variaram no que toca à idade e ao peso, esta variabilidade intra-individual poderá explicar-se segundo alguns autores, mediante as diferenças no hábito de treino dos indivíduos, uma vez que o exercício continuado está associado a um aumento do miocárdio, e por isso aumento da condução ventricular (Costa, Illera, & García-Sacristán, 2010).

Intervalos entre ondas – PR e QT/ST

Os valores mínimos e máximos encontrados para o intervalo PR, nos canídeos (0,067 s – 0,0139 s) são muito aproximados aos referidos na literatura (Larry P. Tilley, 1992). Algo que não se verificou para os felídeos, em que o intervalo PR registou maiores valores na amostra analisada com valor médio (0,093 s), acima do máximo descrito (0,09 s) e muito próximo do registado nos canídeos (0,094 s). Esta relação foi exatamente a mesma para aquela apurada para o intervalo QT: o limite de referência máximo intervalar de QT (0,15 a 0,25 s para canídeos e 0,12 a 0,18 s) esteve dentro do intervalo obtido no caso dos canídeos ($0,241 \pm 0,03$) mas muito abaixo daquele obtido nos felídeos ($0,039 \pm 0,002$ s). Os cavídeos apresentaram valores médios de 0,069 s para intervalo PR, e 0,19 s para QT, acima dos máximos (0,055 s e 0,094 s respetivamente) definido para indivíduos adultos conscientes (Pratt, 1938b), e ligeiramente acima do registado em indivíduos anestesiados (0,064 s e 0,109 s respetivamente) (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986). A maior diferença residiu no segmento ST que foi de cerca $0,205 \pm 0,03$ s, acima do valor de referência em indivíduos acordados (0,059 s) e a dormir ($0,055 \pm 0,009$ s). Nos equídeos obteve-se o valor de $0,241 \pm 0,047$ s para PR, estando por oposição ao verificado nas restantes espécies, abaixo máximo referido na literatura para a espécie (0,5 s), ainda que aproximado ao valor referenciado para a raça (0,28 s). Da mesma forma ocorreu com o intervalo QT em que o intervalo de confiança obtido foi de 0,427 a 0,407 s, e o valor de referência ascendeu aos 0,58 s em adultos (Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon, 2010) e 0,51 s para a raça PSL (Triguinho, 2011).

Os resultados obtidos em todas as espécies, foram assim espectáveis dados os valores da FC apurados e a correlação negativa (Figura 34), comprovando a dependência destes intervalos para a FC. Esta relação foi verificada na literatura em todas as espécies (G; Ciešlar, Sieron, et al., 1986; Dantas et al., 2015; Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). A diferença na duração dos ciclos cardíacos - PQRST, PP e RR - entre espécies (ver ACP Figura), parece, pois, fazer-se sobretudo à custa da diferença nos intervalos QT (principalmente por variação do segmento QT, mas também do complexo QRS), mas também do intervalo PR (por variação do segmento PR). (PCA dQRS). Estudos em humanos, demonstraram que os valores de QT corrigidos para a FC (Fórmula de Fridericia: $QT_c = QT/RR$), apresentam uma grande estabilidade e reprodutibilidade intra-individual. Existe no entanto, uma grande variabilidade inter-individual, demonstrando que não há nenhum padrão fisiologicamente aceite para esta relação e que é altamente específica do indivíduo (Malik et al., 2008). A mesma relação aplicada aos intervalos PR e QRS, expressa também o mesmo grau de variabilidade intra e inter-individual, sendo, no entanto, diferente a magnitude da dependência da FC para com

estes intervalos. Dentro dos limites normais de FC, o tempo do intervalo QT sofre em média, uma alteração de 10% da sua largura com a alteração da FC (ou intervalo RR), o intervalo PR altera-se em 6% e o complexo QRS sofre em média uma alteração desprezível. (Malik et al., 2008) Esta é a razão pela qual o intervalo QT, é o único intervalo que sofre normalmente a correção da influência da FC. Segundo este estudo, as diferenças entre indivíduos deverão ser explicadas pela distribuição altamente individual dos canais iónicos, bem como diferenças individuais da sua função e/ou as suas diferentes interações nos diferentes tecidos do coração.

Ademais disto o facto de, no grupo dos roedores, o valor do intervalo normalizar quando comparado com o resultado obtido em anestesia, comprova uma vez mais que a alteração do intervalo PR e da FC registada neste estudo, foi mediada pela anestesia. Nos equídeos, a ativação do tónus simpático nos animais abordados, deu origem ao encurtamento destes intervalos, ao contrário do que foi verificado em felídeos e cavídeos particularmente suscetíveis aos efeitos anestésicos. Desta forma no que toca à duração dos parâmetros eletrocardiográficos, as principais diferenças interespecíficas caem sobre a distinção entre os equídeos e os animais domésticos de pequeno porte. Contudo esta constatação deve ser apenas considerada no âmbito da metodologia apresentada, sendo que para uma comparação interespecífica correta, todas os indivíduos deveriam estar sujeitos às mesmas condições durante o exame.

Em todas as espécies, foi encontrado um rácio médio P/PR similar. Em todas as espécies 49% (cavídeos), 44% (canídeos) e 42% (felídeos) e 39% (equídeos) do tempo que o estímulo demora a chegar aos ventrículos, é marcado pela contração de ambos os átrios. Quanto maior a FC, menor a duração de PR em relação a P e, dado que a variação de PR é mais influenciada pela variação da FC do que a duração de P (ver ACP Figura 32 e 33), permite-nos comprovar a maior sensibilidade do segmento PR à ação do tónus autonómico, manifesta pela redução da velocidade de condução do estímulo elétrico ao nível do troço AV (Broux et al., 2016).

4.5.3 Amplitudes de Onda

A amplitude média das ondas P e T foi obtida através do somatório das deflexões de polaridade oposta, no caso das ondas bifásicas, tendo sido consideradas, portanto, ondas de polaridade positiva. Distinguindo-se das ondas isoeletricas. É de notar então que estas os valores médios obtidos para cada uma destas ondas apresentaram uma amplitude incrementada ou diminuída nos casos em que em que a onda simples prevalecente seja respetivamente positiva ou negativa.

As diferentes morfologias encontradas no que refere à onda P, complexo QRS e onda T, não se encontram sempre representadas na morfologia do traçado resultante. Estas deflexões nos

traçados elaborados, foram obtidas pelo cálculo da amplitude média de onda, tendo estado sujeitas à influência de valores extremos e que em alguns casos, não corresponderam à morfologia de maior frequência. Ex: onda P (cavídeos, derivação III)

4.5.3.1 Onda P

Na derivação II, e em relação aos carnívoros domésticos, as amplitudes médias de P em II foram de encontro ao referido na literatura (Cote, 2010; O. L. Nelson, 2003; Larry P. Tilley, 1992; Goodwin citado em Correa, 2005). Nas duas espécies o valor médio obtido teve uma amplitude aproximada a metade dos valores máximos referidos para cada espécie. Contudo, ao contrário dos felinos, em que todos os indivíduos se apresentaram dentro do valor de referência, nos canídeos houve três animais (#5, #25 e #39) (ver ACP Figura 37) que registaram amplitudes superiores aos máximos referidos. Tal variação poderá estar relacionada com a FC, tal como indica o estudo de Hanton & Rabemampianina (2006) em que há uma relação positiva entre a FC e a amplitude da onda P. Estes indivíduos que na ACP 37 estiveram entre aqueles que registaram maiores valores de P+ foram também os mesmos que, apresentaram maior FC. A média da FC nos três indivíduos correspondeu a 130 bpm por oposição à média da espécie que foi de 111 bpm. Esta relação é contudo controversa, uma vez que existem autores que não admitem a sua existência (Hemsley, 2017). A amplitudes média de onda obtida nos equídeos para a derivação II ($0,205 \pm 0,025$ mV) foi aproximada, ainda que ligeiramente mais baixa daquela registada no estudo conduzido nos PSL, no sistema de Einthoven (Triguinho, 2011). Esta evidência não foi previsível, dada a maior FC média obtida nos indivíduos em estudo. Seria pois, de antever maiores amplitudes médias face ao descrito em animais da mesma raça com uma FC normalizada (Hamid TM, 2010). Entre os equinos analisados neste estudo, em geral os indivíduos com maiores FC (#19, #21, #23 e #54) foram aqueles que apresentaram maiores amplitudes de onda, no entanto apesar disto, é de notar que o indivíduo que apresentou o valor máximo (#19) e aquele que apresentou o mínimo (#51) registaram exatamente a mesma voltagem (0,205 mV). Nos cavídeos a amplitude média de P (0,079 mV) foi muito similar ao encontrado no estudo com indivíduos anestesiados (G Ciešlar, Siero'n, Rzepka, Zmudzi'nski, & Franek, 1986) ou naquele com indivíduos conscientes (Botelho et al., 2016).

Entre todas as derivações, a II foi aquela em que a amplitude da onda P foi maior, em canídeos, felídeos e equídeos, estando este achado de acordo com a literatura (Tilley, Larry P., Smith Jr., 2016). Esta é uma das razões pela qual a derivação II é a mais usada, permitindo definir com maior fiabilidade o início do ciclo cardíaco. Isto indica que nestas espécies o EEM de P (ou ÂP) tem orientação aproximada de $\pm 60^\circ$, coincidindo assim com a orientação do estímulo elétrico no sentido do ventrículo. Em todas as espécies, na derivação II a onda P

foi concordante com o complexo QRS. O menor valor registrado foi num felino (#2), em que foi registrada uma onda isoelétrica. Tal como na derivação II em aVF, a onda P foi positiva na totalidade dos canídeos analisados. Nos carnívoros em geral, e nas derivações I, III esta onda foi maioritariamente positiva, mas também isoelétrica, tal como aconteceu na derivação aVF nos felídeos. A onda P foi negativa em aVR nos canídeos, mas também isoelétrica nos felídeos. Estes achados referente à polaridade das ondas vão de encontro ao descrito por Cote (2010), Hemsley (2017) e Oyama et al. (2014). De acordo com Hemsley (2017) a derivação em que a onda P é mais frequentemente isoelétrica é a derivação aVL. Neste estudo, o número de indivíduos com P isoelétrica (amplitude = 0 mV) em aVL não foi superior, no entanto esta derivação foi aquela que apresentou os menores valores médios de P, predominando a negatividade em canídeos, felídeos e equídeos. Tal evidência confirma uma vez mais que em média nestas espécies, o vetor de despolarização atrial foi aproximadamente perpendicular a aVL, com ligeira orientação esquerda (entre +30 e +60°). Através das ACPs, verificou-se ainda que o somatório dos *loadings* das amplitudes de P nas duas primeiras componentes principais, foi superior nas derivações II e aVR (1,008 e 1,074 respetivamente), tendo esta onda particular influência na variabilidade entre espécies nestas duas derivações. Isto permite verificar tal como mencionado, que os maiores valores médios das amplitudes encontrados nestas derivações, possibilitam a diferenciação entre indivíduos. Um estudo Upenlece et al. (1999) conduzido em três raças de canídeos, averiguou a influência de fatores externos como a raça, o género, a idade, a altura à cernelha e a FC, na amplitude de P em todas as derivações e, concluiu que as derivações II e aVR são por outro lado, as únicas derivações em que a amplitude da onda P não é influenciada por estas variáveis. A localização do nodo SA no átrio direito e a condução elétrica atrial dirigida caudoventralmente e à esquerda é praticamente paralela ao posicionamento dos elétrodos polares em II e aVR, nos pequenos animais (Darke, 1974). Desta forma a massa muscular cardíaca e a orientação do coração, serão o principal fator determinante da amplitude de P em II e aVR - as duas derivações que cobrem o quadrante inferior esquerdo do sistema hexaxial de Einthoven. Já as amplitudes registadas nas derivações oblíquas a II, serão mais sujeitas a variações pela influência dos fatores mencionados. Dentro do grupo dos canídeos em particular, verificou-se com recurso à ACP que a onda P (em conjunto com outras ondas) foi particularmente importante na diferenciação intraespecífica, permitindo dividir os indivíduos em dois grandes grupos, nas derivações II, III e aVF. Ao contrário do que o que se passa com a derivação II, em que a diferença entre os indivíduos será explicada por fatores não considerados no estudo, como por exemplo a condição corporal, o tipo de tórax, etc; nas derivações III e aVF as diferenças nas amplitudes poderão ser atribuídas também à raça, idade e género no caso de III ou à raça, idade, altura à

cernelha e género no caso de aVF. A raça é entre todas estas, o fator mais discriminativo (Upenlece et al., 1999).

Nos equinos, a onda P foi positiva nas derivações II, I e aVR tal como descrito no estudo conduzido por (Triguinho, 2011). Exceções a isto foram os indivíduos #23 com onda bifásica em II e #24 com onda simples negativa na derivação I. Os equídeos foram a única espécie em que foi registado ondas P com dois picos (bífidas ou bifásicas). Particularmente na derivação II, as ondas simples estiveram representadas na mesma medida que as ondas bífidas (44%). As ondas bífidas encontradas nesta derivação, pertenceram a indivíduos (#18, #21, #24 e #36) com uma FC inferior à média da espécie da amostra (73 bpm), ainda que todos os indivíduos estes, tenham apresentado taquicardia e o indivíduo (#48) com a menor FC (39 bpm) tenha apresentado uma onda simples. Isto poderá vai de encontro ao referido por Verheyen, Decloedt, De Clercq, Deprez, Sys, & Loon (2010) em que a morfologia da onda está relacionada com a FC. Também fatores como o género, a idade, ademais da raça influenciam a morfologia desta onda (Melchert et al., 2012). Nos indivíduos #19, #20, #54 do baixo tónus vagal, resultou a sobreposição das ondas de despolarização atrial esquerda e direita, tal como descrito no estudo de Triguinho (2011). Dentro das ondas bífidas a morfologia mais encontrada em II, foi do tipo +/++, tal como referido por Vandsø Petersen (2015) e Nakamura et al. (1955). Isto também se verificou nas derivações I e aVR.

De notar que os traçados elaborados não traduzem a morfologia da onda P nos traçados individuais ou nos traçados padrão, mas apenas a sua amplitude e polaridade.

4.5.3.2 Complexo QRS

Em todas as espécies, a polaridade total de QRS foi positiva, pelo que a maior deflexão medida foi em geral a onda R. A amplitude de onda R esteve dentro dos intervalos de referência em canídeos e felídeos. Nos canídeos o intervalo de valores esteve entre o mínimo de 0,656 mV e o máximo de 2,1 mV, sendo o valores de referência para a derivação II estabelecidos em 2,5 mV para raças pequenas e máximo de 3,0 mV em raças grandes, segundo Tilley, Larry P., Smith Jr. (2016). Segundo os mesmos autores, não existe um valor mínimo estabelecido para felídeos e o máximo alcançado nos felídeos é de 0,9 mV. Isto vai de acordo com o obtido nos indivíduos analisados neste estudo ($0,449 \pm 0,227$ mV). Também o estudo de Rogers & Bishop (1971) onde foram utilizados felídeos submetidos a anestesia geral, apresentou um valor muito aproximados ao obtido, com amplitude média de 0,43 mV. Apenas um individuo apresentou um valor de amplitude acima do valor de referência, com cerca de 0,956 mV. Este individuo, foi um jovem (2,5 meses) e cujo peso foi de 0,5 kg. Não tendo havido registo da condição corporal deste animal, e dada relação idade-peso, será de

supor que o elevado valor registado se deve a um estado de relativa magreza do indivíduo apesar do seu estado geral normalizado (Schober et al., 2007). Particularmente nos canídeos, a onda Q foi maior em relação a R do que nas outras espécies. E em ambos canídeos e felídeos, a onda Q foi a deflexão com maior variabilidade a nível intraespecífico (Figura 36). Segundo alguns autores este achado poderá ser nos canídeos, consequência da multiplicidade de conformações torácicas existentes, na medida em que a sua ocorrência é superior em indivíduos de peito profundo (Hemsley, 2017). Nos felídeos este fator estará relacionado com a maior variabilidade individual da espécie (Hamlin & Smith, 1965) ou com a relativa maior variação da posição do coração (Rogers & Bishop (1971) e Lourenço & Ferreira (2003).

O estudo conduzido nos equídeos da raça Puro-Sangue Lusitano definiu a amplitude média de R no sistema de derivações de Einthoven, em $0,56 \pm 0,04$ mV. Este resultado verificou-se abaixo do valor registado neste estudo ($0,711 \pm 0,438$ mV). Tal diferença dever-se-á colocação dos elétrodos, uma vez que as pinças de crocodilo foram colocadas distalmente à articulações do joelho e curvilhão no estudo de Triguinho (2011) e no estudo que se apresenta, as mesmas foram colocadas proximalmente a estes pontos, junto à face interna do braço e virilha. A maior distância entre o coração e os elétrodos à superfície do corpo no primeiro estudo, pode ter sido suficiente para originar o registo de uma voltagem inferior nesta amostra (Van Loon, G.; Patteson, 2010). Por contrário, as deflexões negativas Q e S, apresentaram uma amplitude média superior no mesmo estudo. Dado que a orientação não paralela destas frentes de onda com a onda R, seria de esperar que a diminuição desta última, implicasse um aumento de Q e S (Larry P. Tilley, 1992). No que refere ao grupo com dos dois cavídeos, a amplitude média de R apurada foi de $0,478 \pm 0,293$ mV, sendo aproximado ao valor descrito por G; Ciešlar, Sieroń, et al. (1986) com uma voltagem de $0,50 \pm 0,22$ mV em animais submetidos a anestesia geral, mas díspar daquele descrito (Botelho et al., 2016). Nos equídeos, a onda R foi a onda de QRS com maior variabilidade intraespecífica (Figura 36) devido à maior variação do EEM nesta espécie, em parte relacionado com a inadequação do sistema de derivações usado, para a avaliação da despolarização ventricular (Verheyen, Declodt, De Clercq, Deprez, Sys, & Van Loon 2010; Van Loon, G.; Patteson, 2010), mas devido às características particulares da despolarização ventricular característica nos indivíduos da categoria B (Van Loon, G.; Patteson, 2010).

O valor de referência para a onda R dos cavídeos (0,50 mV) e o valor para o complexo QRS (0,695 mV), estiveram dentro dos intervalos de confiança obtidos ($0,478 \pm 0,293$ mV e $0,54 \pm 0,26$ mV respetivamente), quando considerado o estudo de G; Ciešlar et al., (1986a), em que os indivíduos estavam anestesiados e posicionados em decúbito dorsal. Pelo contrário o valor achado, foi discrepante do referido para indivíduos conscientes mas no mesmo decúbito como

no estudo de Botelho et al., (2016) para a onda R ($0,25 \pm 0,16$ mV) mas não para o complexo ($0,638 \text{ mV} \pm 0,11$ mV). De referir que a média obtida no presente estudo, é calculada a partir dos valores determinados em apenas dois animais e que o desvio da média obtida, aos valores de referência, é altamente influenciado pelos valores obtidos no indivíduo jovem ($0,685$ mV para R e $0,839$ mV para QRS) por oposição àqueles obtidos no progenitor, que se encontravam por sua vez, de acordo com os descritos ($0,27$ mV para R e $0,55$ mV para QRS). No caso dos cavídeos assim, a variação dos valores obtidos ter-se-á devido mais à idade dos indivíduos analisados do que ao posicionamento do animal (Botelho et al., 2016). A amplitude de QRS tende a diminuir com a idade, em parte relacionado com o progressivo processo de fibrose cardíaca associada, e já mencionada (Green et al., 1985), e que diminui o número de fibras musculares capazes de serem despolarizadas.

Em todas as derivações a mais frequentemente isoeétrica foi aVL, seguido da derivação I.

De referir que, em todas as espécies, os valores da amplitude total do complexo QRS, diferiram do somatório dos módulos das duas deflexões integrantes de maior amplitude e polaridade oposta (exemplo canídeos e equídeos na derivação I). Isto deve-se ao facto deste parâmetro - QRS, ter sido medido com valores modulares destas deflexões e, para o cálculo individual das ondas integrantes (primeira, segunda e terceira deflexão de QRS), ter sido considerada a polaridade das ondas (valores positivos e negativos), que resultaram dos casos em que as derivações apresentaram morfologias tanto positivas (do tipo QRS) como negativas (do tipo RSR'). Desta maneira, a derivação II foi aquela em que o valor QRS mais se aproxima do somatório das duas deflexões de maior polaridade, dado esta ser a derivação em que a grande maioria das morfologias apresentam a mesma polaridade (positiva). Na derivação II a morfologia tipo QRS foi a mais encontrada em todas as espécies. A morfologia prevalecente entre os equídeos na derivação *stantard* foi do tipo QR, seguindo-se o tipo QRS, coincidindo com o descrito em ambos os estudos consultados com equídeos da mesma espécie e utilizando o método de Einthoven (Triguinho, 2011; Melchert et al., 2012).

A morfologia do QRS em I é amplamente afetada por movimentos mesmo que ligeiros dos membros anteriores (Hamlin & Smith, 1965). A morfologia de QRS em III foi praticamente oposta à de aVL, em todas as espécies, como seria de esperar (Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, 2018)

4.5.3.1 Onda T

Os valores obtidos para a amplitude da onda T nos canídeos obedecem aos valores de referência – máximo de $0,5$ a $1,0$ mV em qualquer derivação. A onda T na derivação II alcançou o valor médio de $-0,144 \pm 0,277$ mV, sendo também este valor inferior a 25% da

amplitude média de R. A maioria dos indivíduos apresentou uma onda de polaridade negativa. Esta foi a onda mais variável na derivação II e em todas as derivações (exceto aVR), o que vai de acordo com o mencionado na literatura, no que refere à labilidade na espécie estudada (Richig & Sleeper, 2014). Na derivação III e aVR em particular, as amplitudes da onda T, em conjunto com as onda P com outras ondas, mostraram-se relevantes para a diferenciação dos indivíduos da espécie canina. Ainda assim este facto deve ser encarado com precaução uma vez que a amplitude de T tende a seguir um padrão de ocorrência altamente variável. Na derivação I a onda T, tem baixa influência na distinção entre espécies (-0,284 em CP1 e -0,077 em CP2 na Figura 37), contribuindo para um agrupamento homogéneo dos carnívoros domésticos nesta derivação. Esta variabilidade é, contudo, perceptível na análise da sobreposição dos traçados individuais. Os felídeos apresentaram um padrão de onda T em II contrário, na medida em que a maioria foi positiva e maior que 25% da onda R. O valor médio apurado foi de $0,148 \pm 0,121$ mV, estando por isso abaixo do valor máximo de referência da espécie. Tal como a amplitude, também a polaridade foi de encontro ao estabelecido na literatura (Larry P. Tilley, 1992) (Cote, 2010). Nos canídeos a média registada foi $0,051 \pm 0,003$, estando também nesta espécie de acordo com os valores de referência (G; Ciešlar, Sieroń, et al., 1986). Os resultados obtidos nos equídeos revelam que tal como nas restantes espécies, também nesta, a onda T é muito variável, tendo apresentado os maiores valores de IV em praticamente todas as derivações. O valor médio da voltagem encontrado nestes indivíduos ($0,188 \pm 0,003$ mV) diferiu do valor médio referido para a raça (0,30 mV) ainda que, este esteja dentro do intervalo de referência obtido, devido à elevada variabilidade existente. A grande maioria das ondas T foi superior a 25% da onda R, tendo por vezes excedido o tamanho da mesma. Este fenómeno foi também registado no estudo de Steel, Hall, & Stewart, (1976) e Holmes & Rezakhani, (1975). De acordo com o mesmo estudo, para maiores valores de FC, a onda tende para ser simples positiva. De facto esta foi a morfologia prevalecente nos animais deste grupo, que por sua vez estavam taquicárdicos.

Isto está relacionado com a grande heterogeneidade da espécie, no que consta à labilidade da onda T, e com a constância das amplitudes de despolarização ventricular, que são definidas por sua vez, por um intervalo apertado do EEM.

4.5.4 Eixo elétrico médio

Uma vez que o desvio de eixo foi um dos critérios de exclusão deste trabalho, todos os indivíduos encontraram valores de eixo dentro do intervalo de referência espécie-específico. Em ambos canídeos e felídeos o intervalo +60° a +90° apresentou o eixo mais encontrado. O EEM da despolarização ventricular nos equídeos, mostrou-se particularmente variável obtido em 77% dos equídeos esteve entre o intervalo de +30° a +120°. Estando este estudo de acordo

com os resultados dos estudos de Hamlin & Smith (1965); Holmes & Alps (1967), que defendem que vetor elétrico de despolarização ventricular nesta espécie, se dirige caudalmente. O valor médio de referência para o EEM em cavídeos é de 33° (Botelho et al., 2016; G; Ciešlar, Sieron, et al., 1986), muito aproximado ao valor médio obtido neste estudo pelos dois únicos indivíduos desta espécie, cujos eixos foram de 15° e 45°.

4.5.4.1 Derivações periféricas

O uso das ACP aplicado a cada derivação, permitiu sumariá-las em novas características, que podem descrever de forma mais simples os resultados esperados num sistema de derivações periféricas. Desta forma de maneira geral, no que refere às amplitudes de ondas, é válido que se caracterize as derivações I, II, III, aVR e aVF em primeiro instância (CP1) quanto à despolarização ventricular e em segunda instância (CP2) quanto à despolarização atrial e repolarização ventricular. A derivação aVL é aquela que divergiu mais a este sistema de classificação, uma vez que ambas as CP's diferenciaram sobretudo, os indivíduos quanto às diferentes fases da despolarização ventricular. Tal facto dever-se-á à enorme variabilidade intraespecífica que foi encontrada nas morfologias do complexo nesta derivação, e que exigirá, portanto, uma disseção mais detalhada das diferenças existentes a este nível.

Tendo em conta uma nova forma de caracterização das derivação encontradas, poder-se-á usá-las para diferenciar as espécies pelas forma como estes grupos se destacam em relação às amplitudes de onda:

Na derivação II os canídeos diferenciam-se grandemente dos felídeos e equídeos, pelos maiores valores de amplitude do complexo de despolarização ventricular. Os felídeos distinguem-se dos equídeos pelos menores valores das onda de despolarização atrial e pela primeira deflexão de QRS. Os canídeos assemelham-se aos equídeos através da amplitude de P, ainda que a morfologia varia entre estas duas espécies. Os cavídeos não se diferenciam dos carnívoros domésticos. Dentro da espécie, os canídeos podem diferir entre dois subgrupos maioritários consoante os valores das ondas de despolarização atrial e da repolarização ventricular.

Nas derivações I e aVF em particular, os parâmetros eletrocardiográficos (*loadings*) apresentaram um padrão de influência muito semelhante ao verificado na derivação II. Esta similaridade entre as derivações II, I e aVF, traduz a relação dos polos positivos destas derivações no plano frontal e que incide sobre o lado esquerdo do coração. Zona para o qual mais comumente se dirige o vetor QRS na grande totalidade dos indivíduos. Na derivação I, o maior destaque reside na distinção entre o grupo dos carnívoros domésticos e dos equídeos face à maior amplitude da onda de despolarização atrial nos segundos. Os cavídeos não se

distinguiram dos carnívoros domésticos. Os equídeos apresentam valores de amplitude de QRS semelhantes aos canídeos. Contudo, nesta derivação, os equídeos podem ser divididos em dois subgrupos maioritários dada a variedade de morfologias de QRS apresentada – podendo estas apresentar polaridade positiva ou negativa. Isto deve-se ao facto de quase 50% dos equídeos (4 indivíduos) apresentarem um EEM à direita (intervalo $+90^\circ$ a $+120^\circ$). Tal conduz à formação de um QRS negativo em I. A derivação aVF, à semelhança da II, distingue os canídeos das restantes espécies e, dentro dos canídeos, é possível discernir dois grandes subgrupos de indivíduos. Por outro lado, os felídeos distinguem-se dos equídeos pelos menores valores da última deflexão de QRS e de P. Os cavídeos não se distinguem dos felídeos.

Na derivação III, distinguem-se maioritariamente os canídeos dos felídeos. Nesta derivação não é clara a distinção entre carnívoros e equídeos quanto às amplitudes de onda. Também nesta derivação pode ser identificado dois subgrupos maioritários de canídeos, que se distinguem quanto às ondas P e T. Na derivação aVR, a maior diferença interespecífica reside na distinção entre os carnívoros domésticos. Os canídeos apresentam normalmente maiores valores de uma onda P negativas do que os felídeos. Os equídeos não se diferenciam dos pequenos animais, pois apresentam similaridades de amplitude de onda T com ambas as espécies. Nesta derivação foi encontrado um *outlier* #19, este valor está relacionado como o facto de a onda ser bifásica. As ondas bifásicas foram medidas pela amplitude modular das duas deflexões, elevando o valor registado. A derivação aVL é aquela em que é mais difícil encontrar diferenças entre espécies uma vez que a própria variabilidade intraespecífica é muito elevada (Figura), particularmente ao nível da morfologia de QRS. Nesta derivação para uma mesma espécie, verificaram-se tanto complexos positivos como negativos, o que vai de acordo com o achado de que, globalmente, a derivação mais comumente isoeletrica é a aVL. Da mesma forma se entenderá o porquê de, na derivação I (a segunda derivação que mais frequentemente foi isoeletrica), os canídeos e felídeos não serem distinguíveis entre si.

Em todas as derivações os canídeos destacam-se pelos maiores valores do complexo de despolarização.

4.1 Conclusão

Através da realização da análise aprofundada dos eletrocardiogramas de indivíduos saudáveis foi possível caracterizar os traçados típicos de quatro espécies distintas.

Da análise interespecífica, verificou-se que as principais diferenças encontradas entre espécies residiram sobretudo na duração dos parâmetros eletrocardiográficos e FC. Contudo, estes achados, que também diferiram dos valores de referência encontrados na literatura, resultaram do estado de consciência dos indivíduos examinados, fruto da sensibilidade aos anestésicos e ao stress. As amplitudes de ondas que não são diretamente afetadas por estes fatores foram, por isso, os elementos que puderam ser usados para a distinção interespecífica e que poderão ser considerados na extrapolação a outros casos. Indo as amplitudes registadas (na sua grande maioria) de encontro aos valores de referência estabelecidos na derivação *standard*, assume-se que os resultados encontrados para as restantes derivações periféricas podem ser validados com alguma confiança.

Considera-se que este estudo pode ser relevante na medida em que na prática clínica o profissional de veterinária poderá ter frequentemente acesso a pacientes de variadas espécies. Sendo o eletrocardiograma uma ferramenta importante no diagnóstico de distúrbios rítmicos do coração o reconhecimento dos padrões de normalidade — variáveis entre outros fatores com a espécie — permitirá valorizar ou desvalorizar alterações que podem, por sua vez, ter significados distintos entre indivíduos de espécies diferentes. Ademais da sua componente prática, este estudo revela-se importante do ponto de vista teórico na medida em que integra uma forma de análise multidimensional, permitindo avaliar os parâmetros eletrocardiográficos no seu conjunto. Esta forma de análise contribui para o traçar de padrões espécie-específicos e que, de outra forma, passariam despercebidos numa análise individual das componentes integrantes.

Apesar dos resultados, o estudo apresenta várias limitações das quais se enumeram:

a) A natureza subjetiva da observação do autor. Ainda que todas as medições tenham sido feitas por uma mesma pessoa descartando-se, por isso, eventuais erros inerentes à apreciação subjetiva de vários leitores. As leituras dos traçados envolveram unidades de medida muito pequenas, menores que o milímetro. Tal fato, conduzirá a um erro associado à avaliação dos parâmetros avaliados que deve ser levado em conta. A diminuição da variabilidade intra-observador estaria dependente da medição automática por computador mediante algoritmos devidamente validados;

b) O número reduzido de animais presentes na amostra;

c) A ausência de uma experiência controlada. As medições eletrocardiográficas deveriam ter sido efetuadas em indivíduos submetidos ao mesmo protocolo anestésico. Em particular, com concentrações equianestésicas, e num mesmo plano anestésico alcançado, especialmente entre indivíduos da mesma espécie;

d) A forma como foi conduzida a avaliação do estado de saúde cardíaca dos indivíduos no período de exame, assente apenas com base na história clínica e exame de estado geral, sem que se tenha havido possibilidade de serem efetuados métodos de diagnóstico mais avançados.

Seria de extremo interesse a continuação do estudo, ultrapassadas as limitações apontadas, e considerando a divisão das espécies em subgrupos de classe etária, género e peso.

5 BIBLIOGRAFIA

- Arteeva, N. V., Roshchevskaya, I. M., Vityazev, V. A., Shmakov, D. N., & Roshchevskii, M. P. (2005). Effect of Torso Shape and Heart Location in the Chest on Formation of Cardiac Electric Potentials on Body Surface in Dogs, *140*(2), 165–166.
- Aspinall, V., & Cappello, M. (2015). *Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology Textbook. The Veterinary Journal* (Third edit). Elsevier Ltd. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1090023304001236>
- Avizeh, R., Papahn, A. A., Ranjbar, R., Rasekh, A. R., & Molaei, R. (2010). Electrocardiographic changes in the littermate mongrel dogs from birth to six months of life. *Iranian Journal of Veterinary Research*, *11*(4), 304–311. <https://doi.org/10.22099/ljvr.2010.92>
- Bernal, L. J., Montes, A. M., Palacio, M. J. F., & Panizo, C. G. (1995). Electrocardiographic changes in the growing Mastín Español. *Journal of Small Animal Practice*, *36*(5), 221–228. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1995.tb02902.x>
- Bhullar, H. K., Chia, P., Ong, K., & Ng, W. I. (1996). Assessment of inter-observer and intra-observer variability in the measurement of QT dispersion. *Computers in Cardiology 1996*, 297–300. <https://doi.org/10.1109/CIC.1996.542532>
- Botelho, A. F. M., Oliveira, M. S. de, Soto-Blanco, B., & Melo, M. M. (2016). Computerized electrocardiography in healthy conscious guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, *36*(12), 1203–1208. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2016001200011>
- Broux, B., De Clercq, D., Decloedt, A., Van Der Vekens, N., Verheyen, T., Ven, S., ... van Loon, G. (2016). Atrial Premature Depolarization-Induced Changes in QRS and T Wave Morphology on Resting Electrocardiograms in Horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *30*(4), 1253–1259. <https://doi.org/10.1111/jvim.13957>
- Carrieri, L. (1972). Estudo e considerações da influência da frequência cardíaca no intervalo Q-T do electrocardiograma do cão. *Rev. Fac. Med. Vet. Zootec. Univ. S. Paulo*, *9*(135–46).
- Cavalcanti, G. A. O. (2012). Continuous Electrocardiography in Dogs and Cats. In *A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine* (pp. 141–150). InTech. <https://doi.org/10.5772/33636>
- Cieślak, G., Sieroń, A., Rzepka, E., Zmudziński, J., & Franek, A. (1986). Normal electrocardiogram in guinea pig. *Acta Physiologica Polonica*, *37*(3), 139–149. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3825559>
- Cingolani, Horacio; Houssay, A. (2003). Teoría del dipolo. Retrieved April 13, 2018, from <https://pt.scribd.com/doc/38806349/TEORIA-DEL-DIPOLO-Houssay-Fisiologia-Humana>
- Cornet, P. (1985). *Précis d'électrocardiographie canine* (1re editio). Maisons-Alfort: Editions du Point Vétérinaire.
- Correa, W. G. (2005). *Características eletrocardiográficas de cães adultos e hígidos da raça fila brasileiro*. Universidade Federal de Goiás.
- Costa, G., Illera, M., & García-Sacristán, A. (2010). Electrocardiographical Values in Non-Trained Horses. *Zentralblatt Für Veterinärmedizin Reihe A*, *32*(1–10), 196–201. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1985.tb01935.x>

- Cote, E. (2010). Textbook of Veterinary Internal Medicine, 7th Edition, Volume 2. In E. C. Ettinger, Stephen J.; Feldman (Ed.), *Textbook of Veterinary Internal Medicine* (seventh, Vol. 2, p. 1504). Retrieved from papers2://publication/uuid/3201B0B5-D8E5-4CBA-A42B-12352B03F233
- Côté, E., MacDonald, K. A., Meurs, K. M., & Sleeper, M. M. (2011). *Feline Cardiology*. Feline Cardiology. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118785782>
- Dantas, G. N., Santarosa, B. P., Maria, C., Ulian, V., Cristina, M., Heckler, T., & Chiacchio, S. B. (2015). Métodos eletrocardiográficos em equinos American Miniature Horse, 848–853.
- Darke, P. G. G. (1974). The interpretation of electrocardiograms in small animals. *Journal of Small Animal Practice*, 15(9), 537–551. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1974.tb06533.x>
- Darke, P. G. G., & Holmes, J. R. (1969). Studies on the equine cardiac electric field. I. Body surface potentials. *Journal of Electrocardiology*, 2(3), 229–234. [https://doi.org/10.1016/S0022-0736\(69\)80082-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0736(69)80082-8)
- Ettinger, S. J., & Edward C. Feldman. (2013). Electrocardiography and Cardiac Arrhythmias. In *Textbook of Veterinary Internal Medicine* (Vol. 2). Retrieved from papers2://publication/uuid/3201B0B5-D8E5-4CBA-A42B-12352B03F233
- Ferasin, L., Ferasin, H., & Little, C. J. L. (2010). Lack of correlation between canine heart rate and body size in veterinary clinical practice. *Journal of Small Animal Practice*, 51(8), 412–418. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2010.00954.x>
- Fox, L., Snyder, L. B., & Mans, C. (2016). Comparison of Dexmedetomidine-Ketamine with Isoflurane for Anesthesia of Chinchillas (*Chinchilla lanigera*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science : JAALAS*, 55(3), 312–316. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27177565>
- Fox, P., Sisson, D., & Moïse, S. (1999). Textbook of canine and feline cardiology principles and clinical practice. *PhD Proposal*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Freitas, M. V. De, Ferreira, S., Lages, L., Soares, S., & Carvalho, B. De. (2009). Análise comparativa de eletrocardiogramas de cães em 1 e 2 mV. *JBCA- Jornal Brasileiro de Ciência Animal*, 2(3), 159–165.
- Gabay, A. (2001). Electrocardiografia. In G. C. Belerenian, C. J. Mucha, & A. A. Camacho (Eds.), *Afecciones Cardiovasculares en Pagueños Animales*. Buenos Aires: Inter-Médica Editorial.
- Gilmour, R. (2005). Electrophysiology of the heart. In E. E. Reece, William O.; Erickson, Howard H.; Goff, Jesse P.; Uemura (Ed.), *Dukes' Physiology of Domestic Animals*.al (13th editi, pp. 304–326). Iowa: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2005.tb13089.x>
- Goldberger, Ary L.; Goldberger, Zachary D.; Shvilkin, A. (2018). *Clinical Electrocardiography - A simplified approach* (9th ed). Elsevier Inc.
- Goldberger, Ary L.; Goldberger, Z. D. ., & Shvilkin, A. (2013). *Goldberger 's Clinical Electrocardiography* (Eighth edi). Philadelphia: Elsevier Saunders. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-08786-5.01001-0>
- Green, L. S., Lux, R. L., Haws, C. W., Williams, R. R., Hunt, S. C., & Burgess, M. J. (1985).

- Effects of age, sex, and body habitus on QRS and ST-T potential maps of 1100 normal subjects. *Circulation*, 71(2), 244–253. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.71.2.244>
- Gugjoo, M. B., Hoque, M., Saxena, A. C., & Sham-Suz Z, M. M. (2014). Reference Values of Six-limb-lead Electrocardiogram in Conscious Labrador Retriever Dogs. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17(5), 689–695. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2014.689.695>
- Hamid TM, B. D. (2010). Electrocardiographic parameters in the Purebred Kurd Horse. *Journal of Animal and Veterinary Advances.*, 9(21), 2698–2703.
- Hamlin, R. L., & Smith, C. R. (1965). Categorization of Common Domestic Mammals Based Upon Their Ventricular Activation Process. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 127(1), 195–203. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1965.tb49403.x>
- Hanton, G., & Rabemampianina, Y. (2006). The electrocardiogram of the Beagle dog: Reference values and effect of sex, genetic strain, body position and heart rate. *Laboratory Animals*, 40(2), 123–136. <https://doi.org/10.1258/002367706776319088>
- Haukilahti, M. A. E., Eranti, A., Kenttä, T., & Huikuri, H. V. (2016). QRS fragmentation patterns representing myocardial scar need to be separated from benign normal variants: Hypotheses and proposal for morphology based classification. *Frontiers in Physiology*, 7(DEC), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00653>
- Hemsley, S. (2017). Electrocardiography. In H. E. Durham (Ed.), *Cardiology for Veterinary Technicians and Nurses* (first edit, pp. 63–110). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119357407>
- Holmes, J. R., & Alps, B. J. (1967). Studies into equine electrocardiography and vectorcardiography II. Cardiac vector distributions in apparently healthy horses. *Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science*, 31(9), 150–155.
- Holmes, J. R., & Rezakhani, A. (1975). Observations on the T Wave of the Equine Electrocardiogram. *Equine Veterinary Journal*, 7(2), 55–62. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1975.tb03230.x>
- Holmes, J. R., Zijl, V., Milaan, V., & Boer, D. (1967). Lead System for Equine, (1952), 12–21.
- Holt, John; Barnard, Anthony; Lynn, M. Stuart; Svendsen, P. (1969). A Study of the Human Heart as a Multiple. *American Heart Association Journal*, XL.
- Kaese, S., Frommeyer, G., Verheule, S., van Loon, G., Gehrmann, J., Breithardt, G., & Eckardt, L. (2013). The ECG in cardiovascular-relevant animal models of electrophysiology. *Herzschrittmachertherapie & Elektrophysiologie*, 24(2), 84–91. <https://doi.org/10.1007/s00399-013-0260-z>
- Kästner, Sabine; Pang, D. S. J. (2016). Anaesthetics agents. In C. Dule-Novakovski, Tanya; de Vries, Marieke; Seymour (Ed.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia* (third edit, pp. 190–213). Gloucester: British Small Animal Veterinary Association. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69560-8_5
- Kibble, J. D., & Halsey, C. R. (2014). Cardiovascular Physiology. In B. Klein (Ed.), *Medical Physiology: The Big Picture* (5th ed, pp. 207–220). Missouri: Elsevier Saunders. Retrieved from <http://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=75576461&bookid=1291&Resultclick=2#1106601952>

- LATSON, T. W., & O'FLAHERTY, D. (1993). Effects of Surgical Stimulation on Autonomic Reflex Function: Assessment by Changes in Heart Rate Variability. *British Journal of Anaesthesia*, 70(3), 301–305. <https://doi.org/10.1093/bja/70.3.301>
- Lester, Patrick A.; Moore, Rashida M.; Shuster, Katherine A.; Myers, D. D. (2012). Anesthesia and analgesia. In K. A. . W. R. P. Suckow, Mark A.; Stevens (Ed.), *The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents* (First edit, pp. 33–56). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.X0001-6>
- Lourenço, M. L. G., & Ferreira, H. (2003). Electrocardiographic evolution in cats from birth to 30 days of age. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 44(11), 914–917. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14664354>
- Macintire, D. K., Drobatz, K. J., Haskins, S. C., & Saxon, W. D. (2012). Normal Values for the Canine and Feline Electrocardiogram. In *Manual of Small Animal EMergency and Critical Care Medicine*. John Wiley & Sons, Inc.
- Madias, J. E. (2008). Point of view on recording the unipolar ECG limb leads via the Wilson's vs the Goldberger's terminals: aVR, aVL, and aVF revisited. *Indian Pacing And Electrophysiology Journal*, 2(4), 292–297. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2572021/>
- Malik, M., Hnatkova, K., Sisakova, M., & Schmidt, G. (2008). Subject-specific heart rate dependency of electrocardiographic QT, PQ, and QRS intervals. *Journal of Electrocardiology*, 41(6), 491–497. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2008.06.022>
- Martin, M. (2015). *Small Animal ECGs*. (L. JohWiley&Sons, Ed.) (third). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119005377>
- Matic, S. (1990). Equine electrocardiography. *Equine Veterinary Education*, 2(3), 158–160. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.1990.tb01426.x>
- Melchert, A., Laposy, C. B., Guasi, V. H. ., Valle, H. F. D., & Santos, G. C. (2012). Eletrocardiografia computadorizada em cavalos Puro Sangue Lusitano submetidos a exercício físico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(3), 547–554. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000300004>
- Menzies-Gow, N. (2001). ECG interpretation in the horse. *In Practice*, 23(8), 454–459. <https://doi.org/10.1136/inpract.23.8.454>
- Mukherjee, J., Das, P. K., Ghosh, P. R., Banerjee, D., Sharma, T., Basak, D., & Sanyal, S. (2015). Electrocardiogram pattern of some exotic breeds of trained dogs: A variation study. *Veterinary World*, 8(11), 1317–1320. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.1317-1320>
- Muylle, E., & Oyaert, W. (2010). Equine Electrocardiography The Genesis of the Different Configurations of the “QRS” Complex. *Zentralblatt Für Veterinärmedizin Reihe A*, 24(9), 762–771. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1977.tb01754.x>
- Nakamura, R., Too, K., & Matsushashi, A. (1955). Studies on applications of electrocardiogram in horses: I. The lead method and electrocardiogram with special reference to configurations and measurements of waves in the limb leads. *Japanese Journal of Veterinary Research*, 3(1), 25–32. <https://doi.org/10.14943/jjvr.3.1.24>
- Nelson, O. L. (2003). Diagnostic methods for the cardiovascular system. In *Small Animal Cardiology)The practical veterinarian)* (pp. 31–55). Butterworth-Heinemann.

- Oliveira, L. S., Santos, R. R. B., Melo, M. B., Larangeira, D. F., & Barrouin-Melo, S. M. (2013). Eletrocardiografia computadorizada em cães: estudo comparativo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 33(7), 949–953. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013000700018>
- Oyama, M. A., Kraus, M. S., & Gelzer, A. R. (2014). *Rapid Review of ECG Interpretation in Small Animal Practice*.
- Pampana, S., Sgorbini, M., Bizzeti, M., & Niccolai, C. (2004). Valutazione e confronto dei parametri elettrocardiografici rilevati con le derivazioni standard degli arti e base-apice nel cavallo trotatore. *Ippologia*, 2(15), 5–10.
- Picker, O., Scheeren, T. W. L., & Arndt, J. O. (2001). Inhalation anaesthetics increase heart rate by decreasing cardiac vagal activity in dogs. *British Journal of Anaesthesia*, 87(5), 748–754. <https://doi.org/10.1093/bja/87.5.748>
- Pomfrett, C. J. D., Sneyd, J. R., Barrie, J. R., & Healy, T. E. J. (1994). Respiratory sinus arrhythmia : comparison with EEG indices during isoflurane anaesthesia at 0,65 and 1,2 MAC. *British Journal of Anaesthesia*, 72, 397–402.
- Postema, P. G., De Jong, J. S. S. G., Van der Bilt, I. A. C., & Wilde, A. A. M. (2008). Accurate electrocardiographic assessment of the QT interval: Teach the tangent. *Heart Rhythm*, 5(7), 1015–1018. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2008.03.037>
- Pratt, C. L. G. (1938a). Electrocardiograms Laboratory, (938), 268–272.
- Pratt, C. L. G. (1938b). The electrocardiogram of the guinea-pig. *The Journal of Physiology*, 92(3), 268–272. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1938.sp003601>
- Pypendop, B. H., Barter, L. S., Stanley, S. D., & Ilkiw, J. E. (2011). Hemodynamic effects of dexmedetomidine in isoflurane-anesthetized cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 38(6), 555–567. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2011.00663.x>
- Reece, W. O. (2009). *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals.pdf* (4th ed). Wiley and Blackwell.
- Richig, J. W., & Sleeper, M. M. (2014). *Electrocardiography of Laboratory Animals* (1st editio). Maltham: Elsevier.
- Rogers, W. A., & Bishop, S. P. (1971). Electrocardiographic parameters of the normal domestic cat: A comparison of standard limb leads and an orthogonal system. *Journal of Electrocardiology*, 4(4), 315–321. [https://doi.org/10.1016/S0022-0736\(71\)80016-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0736(71)80016-X)
- Schober, K. E., Maerz, I., Ludewig, E., & Stern, J. A. (2007). Diagnostic Accuracy of Electrocardiography and Thoracic Radiography in the Assessment of Left Atrial Size in Cats: Comparison with Transthoracic 2-Dimensional Echocardiography. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 21(4), 709–718. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2007.tb03012.x>
- Schwarzwald, C. C. (2018). Disorders of the Cardiovascular System. In S. M. Reed, W. M. Bayly, & D. Sellon (Eds.), *Equine Internal Medicine* (Fourth, pp. 387–439). Missou: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-44329-6.00013-9>
- Schwarzwald, C. C., Kedo, M., Birkmann, K., & Hamlin, R. L. (2012). Relationship of heart rate and electrocardiographic time intervals to body mass in horses and ponies. *Journal of Veterinary Cardiology*, 14(2), 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2012.03.001>
- Soto-Bustos, Á., Caro-Vadillo, A., Martínez-De-Merlo, E., & Alonso-Alegre, E. G. (2017).

- Diagnostic accuracy of electrocardiographic P wave related parameters in the assessment of left atrial size in dogs with degenerative mitral valve disease. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79(10), 1682–1689. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0049>
- Steel, J. D., Hall, M. C., & Stewart, G. A. (1976). Cardiac Monitoring during Exercises Testes in the Horse: 3. Changes in the Electrocardiogram During and After Exercise. *Australian Veterinary Journal*, 52(1), 6–10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1976.tb05360.x>
- Stephenson, R. B. (2013). Cardiovascular physiology. In B. G. Klein (Ed.), *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology* (Fifth edit, pp. 157–263). Elsevier Saunders. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Tilley, Larry P., Smith Jr., F. W. K. (2016). Electrocardiography. In M. M. Smith Jr., Francis W. K., Tilley, Larry P., Oyama, Mark A., Sleeper (Ed.), *Manual of Canine and Feline Cardiology* (Fifth edit, pp. 49–76). Missouri: Elsevier.
- Tilley, L. P. (1992). *Essentials of canine and feline electrocardiography. Interpretation and treatment*. (C. C. Cann, Ed.) (third). Philadelphia: Lea & Febiger.
- Tilley, L. P., & Burtinick, N. L. (2009). *Electrocardiography for the Small Animal Practitioner*. Teton NewMedia.
- Triguinho, A. M. M. (2011). *Características electrocardiográficas em equinos da raça Puro-Sangue Lusitano*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Upenlece, D., Birgele, E., & Arhipova, I. (1999). Analysis of the electrocardiogram P wave in dogs of different breeds and ages. *Proceedings LLU*, 1(295), 15–23. Retrieved from <http://www.scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2014.689.695>
- Uribe, W., Duque, M., & Medina, E. (2008). Electrocardiografia y arritmias. *Vasa*, 144. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Van Campenhout, M. J. H., Yaksh, A., Kik, C., De Jaegere, P. P., Ho, S. Y., Allessie, M. A., & De Groot, N. M. S. (2013). Bachmann's bundle a key player in the development of atrial fibrillation? *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, 6(5), 1041–1046. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000758>
- Van Loon, G.; Patteson, M. (2010). *Cardiology of the Horse*. (C. M. Marr & M. Bowen, Eds.), *Cardiology of the Horse* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-48166-2>
- van Oosterom, A., Hoekema, R., & Uijen, G. J. H. (2000). Geometrical factors affecting the interindividual variability of the ECG and the VCG. *Journal of Electrocardiology*, 33, 219–227. <https://doi.org/10.1054/jelc.2000.20356>
- Vandsø Petersen, B. (2015). *12-Lead ECG for horses - It is possible to predict cardiac size by the use of a new electrode placement?* University of Copenhagen.
- Verheyen, T., Decloedt, a, De Clercq, D., Deprez, P., Sys, S. U., & Loon, G. Van. (2010). Electrocardiography in horses – part 1: how to make a good recording Elektrocardiografie bij paarden – deel 1: een goede opname maken. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 79, 331–336.
- Verheyen, T., Decloedt, A., De Clercq, D., Deprez, P., Sys, S. U., & Van Loon, G. (2010). Electrocardiography in horses - Part 2: How to read the equine ECG. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 79(5), 337–344.
- Verma, S., Sunkaria, R. K., & Saini, B. S. (2012). Heart Rate Determination with RR Interval

and PP Interval Time Series. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 3(3), 450–455.

Ware, W. (2011). *Overview of electrocardiography*. (W. A. Ware, Ed.), *Cardiovascular Disease In Small Animal Medicine*. Iowa: Manson Publishing.

Ware, W. A. (2014). Cardiovascular System Disorders. In R. W. Nelson & G. C. Couto (Eds.), *Small Animal Internal Medicine* (Fifth edit, Vol. 1, pp. 1–35). St. Louis: Elsevier.

Winter, R. L., & Bates, R. M. (2017). Retrospective evaluation of notched QRS complexes in dogs: 85 cases. *Journal of Veterinary Cardiology*, 20(1), 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2017.10.007>

Yang, C.-F., Yu-Chih Chen, M., Chen, T.-I., & Cheng, C.-F. (2014). Dose-dependent effects of isoflurane on cardiovascular function in rats. *Tzu Chi Medical Journal*, 26(3), 119–122. <https://doi.org/10.1016/j.tcmj.2014.07.005>

Zeman, F. J., & Wilber, C. G. (1965). Some characteristics of the guinea pig electrocardiogram. *Life Sciences*, 4(23), 2269–2274. [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(65\)90248-1](https://doi.org/10.1016/0024-3205(65)90248-1)

ANEXOS

1. Relativo a complexos com morfologia do tipo QRS (QRS, QR e R).

1.1. Atribuiu-se uma letra maiúscula – (*R*), nos casos em que a onda positiva média apresentasse uma amplitude superior à metade do valor de referência descrito para a onda R máxima na derivação II e 1 cm= 1mV, sendo este valor 1,25 mV para cães de raças pequenas (>15kg) e 1,5 mV para cães de raças (\geq 15kg) grandes. Atribuiu-se uma letra minúscula – (*r*), nos casos em que a onda positiva média apresentasse uma amplitude inferior à metade do valor de referência descrito para a onda R máxima na derivação II, sendo este valor 1,25 mV para cães de raças pequenas (>15kg) e 1,5 mV para cães de raças grandes (\geq 15kg). (ver Anexo___). Termina neste ponto o critério para classificar complexos de deflexão positiva única (*R*).

1.1.1 Nos casos de onda R maiúscula (*R*): 1) a(s) onda(s) negativa(s) Q e S, seria(m) representada(s) por uma letra minúscula (*q* e *s*), quando a onda positiva R existente apresentasse uma amplitude superior às onda(s) negativa(s) Q e S desde que o valor desta(s) ondas negativa(s) não fosse superior a um terço do valor de R [ex: *qRs*, onda positiva > onda(s) negativa(s)]. 2) a(s) onda(s) negativa(s) Q e S, seria(m) representada(s) por uma letra maiúscula (*Q* e *S*), no casos a onda positiva R existente apresentasse uma amplitude superior às onda(s) negativa(s) Q e S e, que estas onda(s) negativa(s) fosse(m) superiore(s) a um terço da onda R [ex: *QRS*, onda positiva > onda(s) negativa(s)] ; ou quando a(s) onda(s) negativas(s) Q e S fosse(m) de amplitude superior à onda positiva R. [ex: *QRS*, onda(s) negativa(s) > onda positiva]

1.1.2 Nos casos de onda R minúscula (*r*): 1) a(s) onda(s) negativa(s) Q e S, seria(m) representada(s) por uma letra minúscula (*q* e *s*), quando a onda positiva R existente apresentasse uma amplitude superior às onda(s) negativa(s) Q e S [ex: *qrs*, onda positiva > onda(s) negativa(s)]; ou quando a(s) onda(s) negativa(s) Q e S fosse(m) de amplitude superior à onda positiva R, mas em que o valor desta(s) ondas negativa(s) não fosse superior ao dobro do valor de R [ex: *qrs*, onda(s) negativa(s) > onda positiva]. 2) a(s) onda(s) negativa(s) Q e S, seria(m) representada(s) por uma letra maiúscula (*Q* e *S*), no casos em que a(s) onda(s) negativa(s) Q e S fossem de amplitude superior à onda positiva R e em que o valores desta(s) onda(s) negativa(s) fosse superior ao dobro do valor de R [ex: *QrS*, onda(s) positiva(s) > onda negativa] .

1.2. Atribui-se letras maiúsculas (*QRS*) ao conjunto das ondas integrantes dos complexos mais isodifásicos, em que a amplitude da onda R média, fosse superior à metade do valor de referência descrito para onda uma R máxima na derivação II, sendo este valor

1,25 mV para cães de raças pequenas ($\leq 15\text{kg}$) e 1,5 mV para cães de raças grandes ($>15\text{kg}$). (ex: I do n5). Para complexos mais isodifásicos em que a onda R fosse inferior a estes valores, atribui-se as letras minúsculas (*qrs*).

2. Relativo a complexos com morfologia do tipo RSR' (RSR, RS e QS).

2.1. Atribui-se uma letra maiúscula – (*S*), nos casos em que a onda negativa média apresentasse uma amplitude absoluta superior à metade do valor de referência descrito para a onda R máxima na derivação II e $1\text{cm} = 1\text{mV}$, sendo este valor 1,25 mV para cães de raças pequenas ($\leq 15\text{kg}$) e 1,5 mV para cães de raças grandes ($>15\text{kg}$). Atribui-se uma letra minúscula – (*s*), nos casos em que a onda negativa média apresentasse uma amplitude absoluta inferior à metade do valor de referência descrito para a onda R máxima na derivação II, sendo este valor 1,25 mV para cães de raças pequenas ($\leq 15\text{kg}$) e 1,5 mV para cães de raças grandes ($>15\text{kg}$). Termina neste ponto o critério para classificar complexos de deflexão negativa única (QS).

(ex: aVR do n2) (ver diagrama anexo)

2.1.1. Nos casos de onda S maiúscula (*S*): 1) a(s) onda(s) positiva(s) R e R', seria(m) representada(s) por uma letra minúscula (*r* e *r'*), quando a onda negativa S existente apresentasse uma amplitude superior às onda(s) positiva(s) R e R' e desde que o valor desta(s) ondas positiva(s) não fosse superior a um terço do valor de S [ex: *rSr'*, onda negativa $>$ onda positiva(s)]. 2) a(s) onda(s) positiva(s) R e R', seria(m) representada(s) por uma letra maiúscula (*R* e *R'*), no casos a onda negativa S existente apresentasse uma amplitude superior às onda(s) postiva(s) R e R' e esta(s) ondas positiva(s) fosse(m) superior(es) a um terço da onda S [ex: *RSR'*, onda negativa $>$ onda(s) positiva(s)] ; ou quando a(s) onda(s) positivas(s) R e R' fosse(m) de amplitude superior à onda negativa S [ex: *RSR'*, ondas positiva(s) $>$ onda negativa].

2.1.2. Nos casos de onda S minúscula (*s*): 1) a(s) onda(s) positiva(s) R e R', seria(m) representada(s) por uma letra minúscula (*r* e *r'*), quando a onda negativa S existente apresentasse uma amplitude superior às onda(s) positiva(s) R e R' [ex: *rsr'*, onda negativa $>$ onda(s) positiva(s)]; ou quando a(s) onda(s) positiva(s) R e R' fossem de amplitude superior à onda negativa S, mas em que o valor desta(s) ondas positiva(s) não fosse superior ao dobro do valor de S [ex: *rsr'*, onda(s) positiva(s) $>$ onda negativa]. 2) a(s) onda(s) positiva(s) R e R', seria(m) representada(s) por uma letra maiúscula (*R* e *R'*), no casos em que a(s) onda(s) positiva(s) R e R' fosse(m) de amplitude superior à onda negativa S e em que o

valores desta(s) onda(s) positiva(s) fosse superior ao dobro do valor de S [ex: RsR' , onda(s) positiva(s) > onda negativa] .

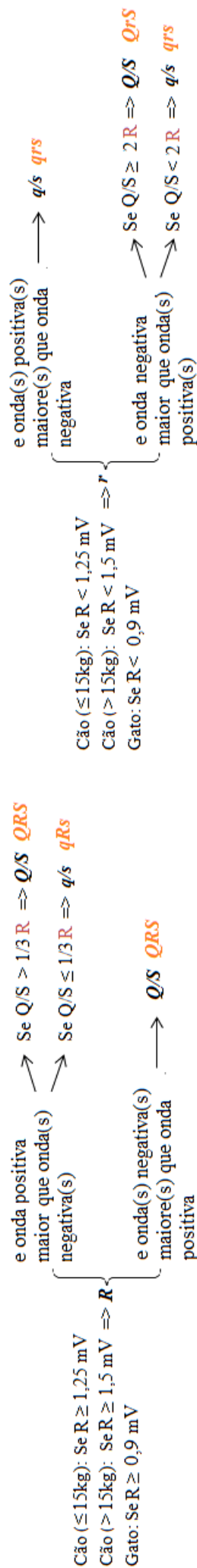
2.2. Atribui-se letras maiúsculas (RSR') ao conjunto das ondas integrantes de complexos mais isodifásicos, em que a amplitude absoluta da onda S média, fosse superior à metade do valor de referência descrito para onda R na derivação II e $1\text{cm}=1\text{mV}$, sendo este valor 1,25 mV para cães de raças pequenas ($\leq 15\text{kg}$) e 1,5 mV para cães de raças grandes ($>15\text{kg}$). Para complexos mais isodifásicos em que o valor absoluto da onda S média fosse inferior a estes valores, atribui-se as letras minúsculas (rsr').

4. A mesma regra do grupo 1 e 2, é aplicada em gatos, sendo a metade do valor de referência descrito para onda R na derivação II e $1\text{cm} = 1\text{mV}$, igual a 0,45 mV, para qualquer peso do indivíduo estudado. Como nos felídeos, a sensibilidade foi aumentada para $2\text{cm} = 1\text{mV}$, o valor é estabelecido em 0,45 mV.

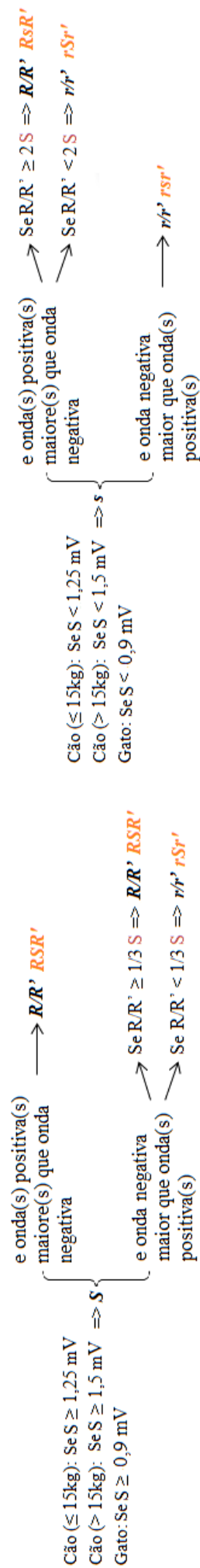
5. A mesma regra do grupo 1 e 2, é aplicada em equinos, sendo metade do valor de referência descrito para onda R na derivação II, igual a mV, para qualquer peso do indivíduo estudado. (ver diagrama no Anexo A)

Anexo A – Diagrama simplificado para a definição da morfologia de quaisquer complexos não isodifásicos do tipo QRS e RSR'. Letras laranja, resultado final do diagrama, verificada a condição exposta - definem a morfologia do complexo de despolarização ventricular. Letras a bold – referem o tipo de letra (morfologia) a atribuir consoante a amplitude relativa das ondas mensuradas, e que depende da espécie e porte do animal (este último distinguido apenas nos canídeos), nos dois principais tipos de complexos. Letras *borderline* devem ser lidas como os valores amostrais das respectivas ondas, permitem definir o tipo de letra - maiúscula e minúscula - a atribuir, em cada caso. Letras de escrita normal indicam quais as ondas a serem avaliadas, (não tendo qualquer significado o facto de estarem representadas em letra maiúscula. Foi assim definido pelo o autor, referir-se às ondas com a letra maiúscula, como já referido). A barra (/) que separa duas letras, implica que uma e/ou outra letra possam respeitar a condição expressa. Todas as ondas são analisadas através do seu valor absoluto. Valores de referência adaptados de Tilley (1992)

Complexos do tipo QRS



Complexos do tipo RSR'



Caraterização da amostra

Espécie	Género	N	Idade (anos)		Peso corporal (kg)	
			Mín. - Máx.	Média ± DP	Mín. - Máx.	Média ± DP
Canídeos	M	10	0.75 - 15.0	9.5 ± 3.6	4.0 - 50.0	18.1 ± 13.9
	F	15	0.67 - 17.0	7.0 ± 4.6	1.9 - 60.0	21.5 ± 14.6
	Total	25	0.67 - 17.0	8.0 ± 4.3	1.9 - 60.0	20.1 ± 15.9
Felídeos	M	12	1.0 - 17.0	9.0 ± 4.6	2.8 - 8.0	4.4 ± 1.5
	F	9	0.17 - 15.0	5.9 ± 6	0.5 - 4.5	2.4 ± 1.2
	Total	21	0.17 - 17.0	8.0 ± 5.5	0.5 - 8.0	3.0 ± 1.7
Equídeos	M	5	9.0 - 22.0	15.0 ± 5.0	482.0 - 548.0	509.8 ± 26.2
	F	4	12.0 - 20.0	14.8 ± 3.1	483.0 - 532.0	509.2 ± 17.8
	Total	9	9.0 - 22.0	14.9 ± 4.3	482.0 - 548.0	509.6 ± 22.8
Cavídeos	M	2	0.58	0.58	0.25 - 0.75	0.5 ± 0.25
	Total	2	0.58	0.58	0.25 - 0.75	0.5 ± 0.25

Frequência cardíaca (bpm)			
Espécie	N	Mín. / Máx.	Média ± DP
Canídeos	25	77 / 164	111 ± 23
Felídeos	20	61 / 139	98 ± 21
Equídeos	9	40 / 130	71 ± 24
Cavídeos	2	136 / 257	197 ± 86

Canídeos

Morfologia de QRS	I		II		III		aVR		aVL		aVF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>QRS</i>	1	4										
<i>qrs</i>	9	39	8	32	12	52	1	5			10	43
<i>qRs</i>	1	4	6	24	1	4			1	4	2	9
<i>QRs</i>			3	12	3	13					5	22
<i>QR</i>			2	8	1	4						
<i>Qrs</i>									2	9	1	4
<i>qR</i>			2	8	1	4					1	4
<i>qr</i>	4	17	2	8	3	13			2	9	4	17
<i>r</i>	5	22										
<i>R</i>			1	4								
<i>rsr'</i>							10	45	13	57		
<i>rSr'</i>							2	9				
<i>RSr'</i>							3	14				
<i>rSR'</i>							1	5				
<i>Rsr'</i>	1	4						0				
<i>rs</i>					1	4	3	14	4	17		
<i>rS</i>							1	5				
<i>Rs</i>	2	9	1	4	1	4						
<i>qs</i>							1	5	1	4		
Total	23	100	25	100	23	100	22	100	23	100	23	100

Felídeos

Morfología de QRS	I		II		III		aVR		aVL		aVF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>qrs</i>	11	52	6	29	4	19	1	5	3	14	4	19
<i>qRs</i>			4	19	4	19					3	14
<i>QR</i>							4	20				
<i>Qrs</i>									1	5		
<i>Qr</i>									1	5		
<i>qR</i>			2	10								
<i>qr</i>					1	5			2	10	1	5
<i>r</i>	6	29	4	19	5	24			2	10	4	19
<i>R</i>			2	10								
<i>rsr'</i>					2	10	4	20	3	14		
<i>rSr'</i>							2	10	1	5		
<i>Rsr'</i>	1	5									1	5
<i>rs</i>	1	5			1	5			1	5	1	5
<i>Rs</i>	1	5	3	14	4	19					7	33
<i>qs</i>	1	5					9	45	7	33		
<i>QS</i>							1	5				
Total	21	100	21	100	21	100	20	100	21	100	21	100

Equídeos

Morfologia de QRS	I		II		III		aVR		aVL		aVF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>qrs</i>			1	11					2	22		
<i>qRs</i>	1	11	2	22								
<i>qRS</i>	1	11										
<i>Qr</i>							1	11				
<i>qR</i>	1	11	4	44	5	56					4	44
<i>qr</i>	1	11	1	11	1	11	1	11				
<i>r</i>							1	11				
<i>R</i>					2	22					4	44
<i>rsr'</i>	1	11										
<i>rSr'</i>							2	22				
<i>rs</i>			1	11			1	11	2	22	1	11
<i>rS</i>	1	11					2	22	1	11		
<i>Rs</i>	1	11							1	11		
<i>RS</i>									1	11		
<i>qs</i>					1	11	1	11				
<i>QS</i>	2	22							2	22		
Total	9	100	9	100	9	100	9	100	9	100	9	100

Cavídeos

Morfologia de QRS	I		II		III		aVR		aVL		aVF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>qrs</i>	1	50	1	50					1	50	1	50
<i>Qrs</i>							1	50				
<i>rsr'</i>									1	50		
<i>rSr'</i>					1	100						
<i>RSr'</i>							1	50				
<i>Rs</i>	1	50	1	50							1	50
Total	2	100	2	100	1	100	2	100	2	100	2	100

Valor <i>P</i>				
Parâmetr	Canídeos	Felídeos	Equídeos	Cavídeos
P I	4.44 E-07	2.161 E-05	2.149 E-01	1.331 E-01
Q I	1.672 E-03	1.769 E-01	3.529 E-01	-
R I	1.9 E-09	3.7 E-05	2.749 E-02	5.802 E-01
S I	8.148 E-06	2.459 E-01	6.916 E-01	5.114 E-01
T I	3.477 E-02	3.864 E-05	3.362 E-02	4.567 E-01
QRS I	1.126 E-09	3.222 E-04	7.28 E-01	8.605 E-01
P III	1.116 E-04	5.645 E-04	3.148 E-03	7.153 E-03
Q III	3.134 E-02	8.944 E-01	3.05 E-02	-
R III	1.168 E-04	5.194 E-03	9.976 E-01	2.608 E-01
S III	7.225 E-02	9.432 E-01	-	2.713 E-01
T III	7.093 E-01	4.116 E-01	9.448 E-01	-
QRS III	2.307 E-05	3.148 E-02	2.804 E-01	8.57 E-01
P aVR	8.316 E-09	1.9 E-09	1.521 E-04	2.426 E-01
Q aVR	1.868 E-04	8.391 E-01	1.22 E-01	-
R aVR	1.258 E-11	6.074 E-08	1.266 E-02	7.521 E-02
S aVR	1.973 E-06	1.213 E-02	-	3.272 E-01
T aVR	3.909 E-04	4.287 E-06	1.636 E-01	2.14 E-01
QRS aVR	5.041 E-05	6.273 E-04	1.552 E-01	8.691 E-01
P aVL	5.346 E-08	2.653 E-07	1.351 E-02	6.156 E-01
Q aVL	1.012 E-04	6.307 E-01	9.952 E-02	-
R aVL	2.792 E-11	5.837 E-06	2.966 E-03	6.33 E-01
S aVL	3.774 E-06	3.498 E-01	8.592 E-01	5 E-01
T aVL	1.899 E-02	1.142 E-04	1.851 E-01	5.497 E-01
QRS aVL	1.764 E-09	2.955 E-05	8.419 E-01	6.798 E-01
P aVF	6.357 E-07	1.111 E-02	5.092 E-05	8.808 E-02
Q aVF	5.723 E-03	2.032 E-01	2.506 E-01	-
R aVF	5.663 E-03	6.013 E-02	8.262 E-01	1.293 E-01
S aVF	1.536 E-01	5.546 E-01	-	9.682 E-01
T aVF	4.444 E-01	9.932 E-01	4.414 E-01	-
QRS aVF	7.447 E-04	1.333 E-01	6.017 E-01	6.078 E-02